MAY 19_20 2011 ALGECIRAS SPAIN

EMSCE 2011

EUROMEDITERRANEAN SCIENTIFIC CONGRESS ON ENGINEERING

POLYTECHNIC SCHOOL OF ENGINEERING_ALGECIRAS • UNIVERSITY OF CÁDIZ_SPAIN

Proceedings

ORGANIZAN

UCA Universidad de Cádiz

Universidad Abdelmalek Essaâdi

AUE Aula Universitaria del Estrecho

Fundación Campus Tecnológico Algeciras

FINANCIAN

cambio

Gobierno de España – Ministerio de Educación

Estrategia Universidad 2015

Agencia Andaluza de Cooperación Internacional para el Desarrollo – Consejería de la Presidencia

Proyecto financiado por el Ministerio de Educación en el marco del Programa Campus de Excelencia Internacional.

Gobierno de España – Ministerio de Ciencia e Innovación

Proyecto Financiado por el Ministerio de Ciencia en Innovación.
Referencia: CTM2010-12075-E (subprograma TECNO)

Cátedra Acerinox UCA

Cátedra Cepsa

Cátedra e·on España UCA

Unión Europea FEDER
Invertimos en su futuro

Gobierno de España – Ministerio de Economía y Hacienda – Secretaría del Estado de Hacienda y Presupuesto – Secretaría General de Presupuestos y Gastos

Diputación de Cádiz – IEDT Instituto de Empleo y Desarrollo Socioeconómico y Tecnológico

Programa Cooperación Transfronteriza España-Fronteras Exteriores

Santander

Puerto Bahía de Algeciras – Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras

COLABORAN

Fundación Euroárabe

ceimar

UCA Universidad de Cádiz – Escuela Politécnica Superior de Algeciras

CDTI

Tres Culturas

Ayuntamiento de Algeciras

SEMIDE EMWIS

SECRETARÍA
DEL CONGRESO

Aula Universitaria del Estrecho
Avda. Ramón Puyol s/n
11202 Algeciras_Cádiz_España
T +34 956 02 81 95
secretaria@emsce2011.com

INSCRIPCIÓN ASISTENTES

Gratuita a través de la web del congreso.

WEBSITE

www.emsce2011.org

19_20 DE MAYO 2011 ALGECIRAS ESPAÑA

EMSCE 2011

EUROMEDITERRANEAN SCIENTIFIC CONGRESS ON ENGINEERING

ESCUELA POLITÉCNICA DE ALGECIRAS_UNIVERSIDAD DE CÁDIZ_ESPAÑA

Este segundo Congreso internacional pretende poner en común el estado de la investigación e innovación en diversas temáticas de interés entre las Universidades y Centros de Investigación y Profesionales del entorno del Mediterráneo; con objeto de crear vínculos que favorezcan el desarrollo de soluciones técnicas e innovadoras a los principales retos de futuro con los que se enfrenta la zona.

TEMÁTICAS

- Protección y aprovechamiento de recursos hídricos.
- Energías limpias.
- Gestión sostenible de la cadena de transporte: Comodalidad.
- Tecnologías de la información y las Comunicaciones para el desarrollo humano.

ORGANIZAN

FINANCIAN

COLABORAN

MAY 19_20 2011 ALGECIRAS SPAIN

EMSCE 2011 EUROMEDITERRANEAN SCIENTIFIC CONGRESS ON ENGINEERING

POLYTECHNIC SCHOOL OF ENGINEERING_ALGECIRAS • UNIVERSITY OF CÁDIZ_SPAIN

Editor: Carlos A. García Vázquez
Diseño gráfico Portada y Programa: Grupo Ingenio
ISBN13: 978-84-694-4025-4



Programa

Program

Programme

WEBSITE www.emsce2011.org

MAY 19_20 2011 ALGECIRAS SPAIN

EMSCE 2011

EUROMEDITERRANEAN SCIENTIFIC CONGRESS ON ENGINEERING

POLYTECHNIC SCHOOL OF ENGINEERING_ALGECIRAS • UNIVERSITY OF CÁDIZ_SPAIN

PRESENTACIÓN

En esta segunda edición del Congreso Científico Internacional de Ingeniería, que comenzó su andadura en 2010 en Tetuán, las universidades organizadoras hemos querido hacer una apuesta decidida por el espacio EuroMediterráneo, entendido como lugar común de convivencia, fuente de recursos y escenario de los múltiples desafíos que compartimos.

Este firme propósito ha sido reforzado por la denominación dada a esta cita periódica: "EuroMediterranean Scientific Congress on Engineering (EMSCE2011)", pero también por las temáticas tratadas en esta nueva edición, cuidadosamente elegidas en base a inquietudes compartidas y susceptibles de ser abordadas desde una perspectiva técnica: Protección y aprovechamiento de recursos hídricos, Energías limpias, Sostenibilidad de los modos de transporte y comodalidad y Tecnologías de la información y las comunicaciones para el desarrollo humano sostenible.

Para garantizar el encuentro real de aproximaciones y soluciones tecnológicas, pero sobre todo de personas, investigadores, instituciones y empresas del espacio euro mediterráneo, la organización del Congreso ha facilitado becas de participación para 10 investigadores de Túnez, 10 de Argelia y 10 de Marruecos.

Por todo ello es para nosotros una gran satisfacción presentar el EMSCE2011, que el 19 y 20 de mayo de 2011 en Algeciras permitirá poner en común el estado de la investigación e innovación en diversas temáticas de interés entre las Universidades, Centros de Investigación, Empresas y Entidades del entorno del Mediterráneo, con objeto de crear vínculos que favorezcan el desarrollo de soluciones técnicas e innovadoras a los principales retos de futuro con los que se enfrenta la zona, en base al trabajo conjunto norte-sur y sur-sur.

Agradecemos a los ponentes invitados, coordinadores de las mesas, ponentes, y asistentes, el apoyo e interés mostrado hacia esta iniciativa, así como a todas aquellas personas que han participado en la compleja organización de este Congreso; y por supuesto, sin olvidar a las entidades que han evidenciado su firme compromiso con este proyecto, aportando financiación o prestando su soporte. Esperamos que esta segunda edición permita la consolidación de un espacio Euro-Mediterráneo de futuro, más sostenible y competitivo.

Diego Sales Márquez
Rector de la Universidad de Cádiz

Houdaifa Ameziane
Presidente de la Universidad Abdlemalek Essaâdi

PRÉSENTATION

Pour cette deuxième édition du Congrès Scientifique International d'Ingénierie, qui avait démarré en 2010 à Tétouan, les universités organisatrices, nous avons décidé d'avoir un défit pour l'espace Euro-méditerranéen, vue comme un lieu commun de convivialité, comme une source de ressources et comme scène de divers défis auxquelles nous sommes confrontés.

Ce but fort a été renforcé par la dénomination donné à ce rendez-vous périodique : «Euromediterranean Scientific Congress on Engineering (EMSCE2011)», mais aussi par les thématiques abordés dans cette nouvelle édition, choisis attentivement sur la base des préoccupations partagés et susceptibles d'être abordés depuis une perspective technique: Protection et utilisation des ressources hydriques, énergies propres, durabilité des modes de transport et comodalité, ainsi que les technologies de l'Information et la communication pour le développement humaine durable.

A fin de garantir une rencontre réelle des approches et solutions technologiques, mais surtout de personnes, chercheurs, institutions et entreprises de l'espace euro-méditerranéen, l'organisation du Congrès a mis à disposition des bourses de participation pour 10 chercheurs de la Tunisie, 10 de l'Algérie et 10 du Maroc.

Par conséquent, c'est pour nous un plaisir de présenter EMSCE2011, qui aura lieu le 19 et 20 Mai à Algesiras (Espagne) et qui permettra de mettre en commun l'état de la recherche et de l'innovation dans divers thématiques d'intérêt pour les Universités, Centre de recherches, Entreprises et Entités de la zone de la Méditerranée, dont le but de créer des liens qui favorisent le développement des solutions techniques et innovatrices pour les principaux défis du futur qui font face à la zone, à la base du travail conjoint nord-sud et sud-sud.

Nous voulons remercier les conférenciers invités, les coordinateurs des sessions, les rapporteurs et assistants pour tout l'intérêt montré pour cette initiative et nous voudrons remercier aussi toutes les personnes qui ont participé à la tâche complexe de l'organisation de ce Congrès, sans oublier, évidemment, les entités qui ont démontré leur firme engagement avec ce projet, en apportant le financement et en donnant leur soutien. Nous espérons que cette édition permettra la consolidation d'un espace Euro-méditerranéen de futur, plus durable et compétitive.

Diego Sales Márquez
Recteur de l'Université de Cadix

Houdaifa Ameziane
Président de l'Université Abdelmalek Essaâdi

COMITÉS

COMITÉ DE HONOR / COMITÉ D'HONNEUR

- Diego Sales Márquez. *Rector Universidad de Cádiz.*
- Houdaifa Ameziane. *Presidente Universidad Abdelmalek Essaâdi.*

COMITÉ ORGANIZADOR / COMITÉ D'ORGANISATION

- Francisco Trujillo Espinosa. *Vicerrector UCA y Director del Aula Universitaria del Estrecho.*
- Hassan Ezbakhe. *Vicepresidente Universidad Abdelmalek Essaâdi.*
- Pilar Aranda Ramírez. *Secretaria Ejecutiva de la Fundación Euroárabe de Altos Estudios.*
- Jesús Gómez Morales. *Responsable área de proyectos AUE.*
- Mounir Nechar. *Responsable Cooperación Española en la UAE.*
- Carlos Andrés García Vázquez. *Coordinador español.*
- Naoufal Raissouni. *Coordinador marroquí.*

COMITÉ CIENTÍFICO / COMITÉ SCIENTIFIQUE

- Carlos Andrés García Vázquez. *Coordinador español.*
- Naoufal Raissouni. *Coordinador marroquí.*
- Miguel Ortega Sánchez. *Universidad de Granada.*
- Carmen Garrido Pérez. *Universidad de Cádiz.*
- Luís Fernández Ramírez. *Universidad de Cádiz.*
- Ismael Rodríguez Maestre. *Universidad de Cádiz.*
- María del Mar Cerbán Jiménez. *Universidad de Cádiz.*
- Ignacio Turias Domínguez. *Universidad de Cádiz.*
- Alberto Camarero Orive. *Universidad Politécnica de Madrid.*
- Jamal Stitou Messari. *Universidad Abdelmalek Essaâdi.*
- Noura Aknin. *Universidad Abdelmalek Essaâdi.*
- Houdaifa Ameziane. *Universidad Abdelmalek Essaâdi.*
- Abdellah El Fellahi. *Universidad Abdelmalek Essaâdi.*
- Abdelaziz Mimet. *Universidad Abdelmalek Essaâdi.*

PONENTES INVITADOS / CONFÉRENCIERS INVITÉS

- D. Francisco J. Bas Jiménez.

Director General de la Agencia Andaluza de la Energía.

- D. Alberto Camarero Orive.

Director del Departamento de Ingeniería Civil. Transportes, de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

- D. Antonio Gómez Gálvez.

Departamento de Mercados Innovadores Globales, del Centro para la Desarrollo Tecnológico Industrial de España (CDTI).

- Dña. Pilar Paneque Salgado.

Directora de la Oficina del Campus de Excelencia Internacional del Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Global (CEI Cambio).

- Dña. Carmen Garrido Pérez.

Directora de la Oficina del Campus de Excelencia Internacional del CEI Mar (CEI Mar).

HORARIO
SCHEDULE / CALENDRIER

JUEVES, 19 DE MAYO DE 2011
THURSDAY, 19TH OF MAY / JEUDY 19 MAY 2011

DE 08:30 h. A 09:30 h.
RECEPCIÓN AL CONGRESO, REGISTRO EN SECRETARÍA
Congress Reception, Secretariat Registration / Réception du Congrès, Inscription au Secrétariat

DE 09:30 h. A 10:00 h. — ROOM A
ACTO DE INAUGURACIÓN INSTITUCIONAL
Institutional Opening Ceremony / Cérémonie d'Ouverture Institutionnelle

DE 10:00 h. A 11:00 h. — ROOM A
CONFERENCIA PLENARIA *Plenary Conference / Conférence Plénière*
D. Francisco J. Bas Jiménez, Director General de la Agencia Andaluza de la Energía.

DE 11:00 h. A 11:30 h.
PAUSA CAFÉ *Coffee break / Pause café*

DE 11:30 h. A 12:00 h. — ROOM A
PRESENTACION DEL CENTRO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO INDUSTRIAL DE ESPAÑA *Presentation of the Centre for the Development of Industrial Technology / Presentation du Centre pour le Développement Technologique Industriel de L'espagne (CDTI)*
D. Antonio Gómez Gálvez, Director de Mercados Innovadores Globales.

DE 12:15 h. A 13:45 h.
PRIMERA SESIÓN - ORALES *First Session – Orals / Première Session – Orales*

ROOM A	ROOM B
TICs *ICTs / TICs* **TIC-35, TIC-45, TIC-50, TIC-52, TIC-2**	CADENA DE TRANSPORTE *Transport Systems / Chaîne de Transport* **TL-6, TL-15, TL-13, TL-18, TL-17.**

DE 13:45 h. A 14:30 h.
PRIMERA SESIÓN - POSTERS *First Session – Posters / Première Session – Posters*

ZONE A	ZONE B	ZONE C	ZONE D
RECURSOS HÍDRICOS *Water Resources* *Ressources Hydriques*	ENERGÍAS LIMPIAS *Clean Energies* *Energies Propres*	CADENA DE TRANSPORTE *Transport Systems* *Chaîne de Transport*	TICs *ICTs / TICs*

A LAS 14:30 h.
FIN DE LA SESIÓN MATUTINA
End of Morning Session / Fin Sessions Matinée

A LAS 17:00 h.
VISITA EN BARCO POR LA BAHÍA DE ALGECIRAS *Boat Tour on the Bay of Algeciras / Visite en bateau par la Baie d'Algésiras (Autoridad Portuaria Bahía de Algeciras)*

A LAS 21:30 h.
CENA DE GALA DEL CONGRESO
Congress Gala Dinner / Congrès-Banquet

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011
FRIDAY, 20TH OF MAY / VENDREDI 20 MAY 2011

DE 09:00 h. A 10:00 h. — ROOM A
CONFERENCIA PLENARIA *Plenary Conference / Conférence Plénière*
Camarero Orive, Director del Departamento de Ingeniería Civil. Transportes de la UPM.

DE 10:00 h. A 10:30 h.
PAUSA CAFÉ *Coffee break / Pause café*

DE 10:30 h. A 11:00 h. — ROOM A
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL: MEDIO AMBIENTE, BIODIVERSIDAD Y CAMBIO GLOBAL *International Excellence Campus: Environment, Biodiversity and Global Change / Campus d'Excellence Internationale: Environnement, Biodiversié et Changement Global (CEI cambio)*
Dña. Pilar Paneque Salgado, Directora de la Oficina del CEI Cambio.

DE 11:10 h. A 12:30 h.
SEGUNDA SESIÓN - ORALES *Second Session – Orals / Deuxième Session – Orales*

ROOM A	ROOM B
RECURSOS HÍDRICOS *Water Resources / Ressources Hydriques* **W-1, W-4, W-49, W-25, W-48**	ENERGÍAS LIMPIAS *Clean Energies / Energies Propres* **E-52, E-24, E-22, E-49, E-50**

DE 12:30 h. A 13:00 h. — ROOM A
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL DEL MAR
International Excellence Campus of the Sea / Campus d'Excellence Internationale de la Mer (Cei Mar):
Dña. Carmen Garrido Pérez, Directora de la Oficina del CEI Mar.

DE 13:00 h. A 13:10 h.
DESCANSO *Extra Break / Pause*

DE 13:10 h. A 14:30 h.
TERCERA SESIÓN - ORALES *Third Session – Orals / Troisieme Session – Orales*

ROOM A	ROOM B
TICs *ICTs / TICs* **TIC-4, TIC-6, TIC-34, TIC-57, TIC-33, TIC-8**	CADENA DE TRANSPORTE *Transport Systems / Chaîne de Transport* **TL-11, TL-14, TL-19, TL-12, TL-22, TL-23**

A LAS 14:30 h.
FIN DE LA SESIÓN MATUTINA
End of Morning Session / Fin Sessions Matinée

DE 17:00 h. A 17:45 h.
SEGUNDA SESIÓN - POSTERS *Second Session – Posters / Deuxieme Session – Posters*

ZONE A	ZONE B	ZONE C	ZONE D
RECURSOS HÍDRICOS *Water Resources* *Ressources Hydriques*	ENERGÍAS LIMPIAS *Clean Energies* *Energies Propres*	CADENA DE TRANSPORTE *Transport Systems* *Chaîne de Transport*	TICs *ICTs / TICs*

DE 17:45 h. A 18:00 h.
DESCANSO *Extra Break / Pause*

DE 18:00 h. A 19:30 h.
SEGUNDA SESIÓN - ORALES *Second Session – Orals / Deuxième Session – Orales*

ROOM A	ROOM B
RECURSOS HÍDRICOS *Water Resources / Ressources Hydriques* **W-6, W-7, W-29, W-26, W-11,W-37**	ENERGÍAS LIMPIAS *Clean Energies / Energies Propres* **E-13, E-21, E-23, E-29, E-34, E-17**

A LAS 19:30 h. — ROOM A
ACTO DE CLAUSURA INSTITUCIONAL
Closing Session / Session de Clôture

SESIONES PLENARIAS
PLENARY SESSIONS /SESSIONS PLÉNIÈRES

CONFERENCIA PLENARIA
PLENARY CONFERENCE / CONFÉRENCE PLÉNIÈRE

JUEVES, 19 DE MAYO DE 2011
Thursday, 19th of May, 2011 / Jeudi 19 Mai 2011

10:00 – 11:00 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

Situación actual y perspectivas de las energías renovables en andalucía.

D. Francisco J. Bas Jiménez, Director General de la Agencia Andaluza de la Energía.

CONFERENCIA PLENARIA
PLENARY CONFERENCE / CONFÉRENCE PLÉNIÈRE

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011
Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

10:30 – 11:00 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

El futuro de los puertos: sostenibilidad y financiación.

D. Alberto Camarero Orive, Director del Departamento de Ingeniería Civil. Transportes. Universidad Politécnica de Madrid.

SESIONES INVITADAS
INVITED SESSIONS / SESSIONS INVITÉES

SESIÓN INVITADA
INVITED SESSION / SESSION INVITÉ

JUEVES, 19 DE MAYO DE 2011
Thursday, 19th of May, 2011 / Jeudi 19 Mai 2011

11:30 – 12:00 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

Presentación del Centro para la Desarrollo Tecnológico Industrial de España / Presentation of the Centre for the Development of Industrial Technology of Spain / Présentation du Centre pour le Développement Technologique Industriel de l'Espagne (CDTI).

D. Antonio Gómez Gálvez, Departamento de Mercados Innovadores Globales, CDTI.

SESIÓN INVITADA
INVITED SESSION / SESSION INVITÉE

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011
Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

10:30 – 11:00 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

Campus de Excelencia Internacional: Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Global / International Excellence Campus: Environment, Biodiversity and Global Change / Campus d'Excellence Internationale: Environnement, Biodiversité et Changement Global (CEI CAMBIO).

Dña. Pilar Paneque Salgado, Directora de la Oficina del CEI Cambio.

SESIÓN INVITADA
INVITED SESSION / SESSION INVITÉE

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011
Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

12:30 – 13:00 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

Campus de Excelencia Internacional del Mar / International Excellence Campus of the Sea / Campus d'Excellence Internationale de la Mer (CEI MAR).

Dña. Carmen Garrido Pérez, Directora de la Oficina del CEI Mar.

SESIONES ORALES
ORALS SESSIONS / SESSIONS ORALES

PRIMERA SESIÓN - ORALES
FIRST SESSION - ORALS / PREMIÈRE SESSION – ORALES

JUEVES, 19 DE MAYO DE 2011
Thursday, 19th of May, 2011 / Jeudi 19 Mai 2011

12:15 – 13:45 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

TICS
ICTS / TICS

• TIC-35. A Mutual Coupling Study of a novel antenna system design for UWB-MIMO applications.

O. Aghzout[1], A. Naghar[1], O. El Mrabet[2], O. Chakkor[1], N. Raissouni[1], F. Falcone[3] & M. Essaaidi[2]

[1]National School of Engineering, ENSA. Abdelmalek Essaâdi University.
[2]Electronics and Microwave Group, Abdelmalek Essaâdi University, Tétouan, Morocco.

• TIC-45. Desarrollo de un nuevo sistema criptográfico.

Francisco José Navarro-Ríos

Department of Computer Languages and Systems, University of Cádiz, E-11002 Cádiz, Spain.
Institute of Peace and Conflict Studies, University of Granada, E-18071 Granada, Spain.
Computer and Communication Service Center, University of Granada, E-18071 Granada, Spain.
Email: francisco@ugr.es

• TIC-50. Thin Dielectric Resonator Antenna for 8GHz and 10GHz applications.

A. Jaoujal, N. Aknin and A. El Moussaoui

Information and Telecommunications Systems Laboratory. Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaâdi University. P. O Box 2121 Tetuan 93000, Morroco. jaoujal.ac@gmail.com, aknin@uae.ma, elmoussaoui@uae.ma

• TIC-52. Aplicación de la tecnología WiMAX a entornos marinos.

José Carlos Reyes Guerrero[1], Miguel Bruno Mejías[2], Abdellatif Medouri[3], Rida El Messari[3] and Luis Antonio Mariscal Rico[1]

[1]Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias Náuticas, Puerto Real (Cádiz), España, {josecarlos.reyes, luis.mariscal}@uca.es
[2]Departamento de Física Aplicada, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Puerto Real (Cádiz), España, miguel.bruno@uca.es
[3]Département de Statistique et Informatique, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté Polydisciplinaire, Route de Martil, Tétouan, Maroc, {amedouri, rida__mes}@uae.ma

• TIC-2. HOS-based method for Audio Signal Separation.

O. Chakkor[1], Carlos G. Puntonet, M. Essaâdi, O. Aghzout, N. Raissouni

[1]Innovation & Engineering of Telecommunication Group
[1]Resp. Machine Learning for Signal Processing-Unit

PRIMERA SESIÓN - ORALES

FIRST SESSION - ORALS / PREMIÈRE SESSION – ORALES

JUEVES, 19 DE MAYO DE 2011

Thursday, 19th of May, 2011 / Jeudi 19 Mai 2011

12:15 – 13:45 h. SALA B / ROOM B / SALLE B

CADENA DE TRANSPORTE

TRANSPORT SYSTEMS / CHAÎNE DE TRANSPORT

• TL-6. A multiobjective focus for efficiency in nonidentical circle packing problems.

M. Arana-Jiménez[1], L.L. Salles Neto[2], A. Rufián-Lizana[3], G. Ruiz-Garzón[4] and G.M. Nieto-Gallardo[5]

[1]Departamento de Estadística e I.O., Universidad de Cádiz, Cádiz, España, manuel.arana@uca.es
[2]Departamento de Ciencia e Tecnologia, Universidade Federal de Sao Paulo, Brazil, luiz.leduino@unifesp.br
[3]Departamento de Estadística e I.O, Universidad de Sevilla, Sevilla, España, rufian@us.es
[4]Departamento de Estadística e I.O, Universidad de Cádiz, Cádiz, España, gabriel.ruiz@uca.es
[5]Departamento de Matemáticas, IES Asta Regia, Jerez, España, otein@ono.com

• TL-15. Predicción de tiempo en sistemas logísticos basados en colas mediante Redes Neuronales Artificiales.

Juan Jesús Ruiz Aguilar[1], Ángel Luís Duarte Sastre[2], José Antonio Moscoso López[3], María del Mar Cerbán Jiménez[4], Ignacio J. Turias Domínguez[5].

[1,3]Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil,
[2]Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. PAIDI-SEJ-420
[4]Departamento de Economía General. PAIDI-SEJ-295
[5]Departamento de Lenguajes Informaticos.PAIDI-TIC-145
[1, 2, 3, 4, 5] Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Av. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España.
[1, 2, 3, 4, 5] Universidad de Cádiz.
juanjesus.ruiz@uca.es[1]; angelluis.duarte@uca.es[2]; joseantonio.moscoso@uca.es[3]; mariadelmar.cerban@uca.es[4]; ignacio.turias@uca.es[5]

• TL-13. Approaches solving petrol stations supply networks.

Khalid El Yassini[1], Rabie Zine[1], Mustapha Raïssouli[1] and Kenza Oufaska[2]

[1]Department of Maths and Computer Science, Moulay Ismaïl University, Meknes, Morocco
Khalid.ElYassini@gmail.com, Rabie.Zine@gmail.com and Raissouli_10@hotmail.com
[2]Institut Canadien en Gestion, Informatique et Commerce, Tetouan, Morocco
ekenza.icgic@gmail.com

• TL-18. A memetic algorithm for the heterogeneous multi-compartment vehicle routing problem.

Abdellah El Fallahi

ENSA of Tetouan, University Abdelmaleek Essadi.

• TL-17. Predicción de tráfico Ro Ro en el Estrecho de Gibraltar.

José Antonio Moscoso López[1], Ángel Luís Duarte Sastre[2], Juan Jesús Ruiz Aguilar[3], María del Mar Cerbán Jiménez[4], Ignacio J. Turias Domínguez[5]

[1,3]Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil,
[2]Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. PAIDI-SEJ-420
[4]Departamento de Economía General. PAIDI-SEJ-295
[5]Departamento de Lenguajes Informaticos.PAIDI-TIC-145
[1, 2, 3, 4, 5]Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Av. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España.
[1, 2, 3, 4, 5]Universidad de Cádiz.
juanjesus.ruiz@uca.es[1]; angelluis.duarte@uca.es[2]; joseantonio.moscoso@uca.es[3]; mariadelmar.cerban@uca.es[4]; ignacio.turias@uca.es[5]

SEGUNDA SESIÓN - ORALES

SECOND SESSION - ORALS / DEUXIEME SESSION – ORALES

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011

Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

11:10 – 12:30 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

RECURSOS HÍDRICOS

WATER RESOURCES / RESSOURCES HYDRIQUES

• W-1. The Spanish desalination plants and their sustainability

A. Pulido-Bosch[1], A. Vallejos[1], F. Sola[1] and L. Daniele[2]

[1]Department of Hydrogeology, University of Almería, Almería (Spain), apulido@ual.es, avallejo@ual.es, fesola@ual.es
[2]Department of Geology, Universitat Autònoma de Barcelona (Spain), Linda.Daniele@uab.cat

• W-4. Modélisation du risque de pollution des eaux souterraines par des activités industrielles dans la plaine alluviale de la Meuse (Liège, Belgique).

I. Chkara[1], F. Dollé[2], P. Jamin[2], P. Orban[2], S. Brouyère[2] et K. El Morabiti[1]

[1]Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaâdi, B.P. 2121 Tétouan, Maroc
[2]Département ArGEnCo, Université de Liège, Sart Tilman B52 4000 Liège 1, Belgique

• W-49. Estudio del tratamiento antifouling en una central térmica de ciclo combinado.

Daniel Rubio Mihi[1*], Enrique Nebot[1], J. Francisco Casanueva[1]

[1]Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, [2]Departamento de Máquinas y Motores Térmicos Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Campus de Río San Pedro. Puerto Real (Cádiz). España.

• W-25. Ten Years of Research on Estrogenic Active Compounds in Tunisian Wastewaters: State of the Art and Driving Forces.

O. Mahjoub[1,3], A. Bahri[2], A. Escande[3], E. Gomez[3], C. Casellas[3] and H. Fenet[3]

[1]National Institute for Research in Rural Engineering, Water, and Forestry (INRGREF), Carthage University, Hedy Karray Street, P.O. Box 10, 2080, Ariana, Tunisia, olfama@gmail.com
[2]African Water Facility/African Development Bank (AWF/ADB), Ghana Street N° 13, P.O. Box 323, 1002, Tunis, Tunisia, a.bahri@afdb.org
[3]UMR 5569 Hydrosciences Montpellier, Université Montpellier 1, Avenue Charles Flahault, BP 14 491, F-34093 Montpellier, Cedex 05, France, aurelie.escande@univ-montp1.fr ; egomez@univmontp2.fr, casellas@univ-montp1.fr ; hfenet@univ-montp1.fr

• W-48. Eliminación de fármacos en las aguas naturales mediante el tratamiento con ozono.

M. J. Quero[1], A. Acevedo[1], Valenzuela A[2], J. M. Quiroga[1]

[1]Dpto. Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de Cádiz, C/Avenida Republica Sharawi s/n. 11510, Puerto Real, Cádiz. maria.quero@uca.es
[2]Ingeniería del Ozono, S.L., Conde de Guevara 5, nave 2 , Poligono Industrial El Palmar, El Puerto de Santa María, 11500, Cádiz. alvaro@ingenieriadelozono.es

SEGUNDA SESIÓN - ORALES

SECOND SESSION - ORALS / DEUXIEME SESSION – ORALES

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011

Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

11:10 – 12:30 h. SALA B / ROOM B / SALLE B

Energias limpias
Clean energies / Énergies propres

• E-52. Implementación de las técnicas de freecooling en un modelo de simulación térmica de edificios.

Juan Luis Foncubierta Blázquez[1], Ismael Rodríguez Maestre[1], Paloma Rocío Cubillas Fernández[1], Juan Francisco Coronel Toro[2]

[1]Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España (juanluis.foncubierta@uca.es)
[2]Grupo de Termotecnia. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla. Av. de los Descubrimientos s/n. 41092 SEVILLA. España (jfc@us.es)

• E-24. Air conditioning in Algeria using geothermal resources.

Wahiba Bendaikha[1], Salah Larbi[2]

[1]Centre de développement des énergies renouvelables, BP 62 Route de l'Observatoire Bouzaréah, Algiers, Algeria, w_bendaikha@yahoo.com
[2]Department of Mechanical Engineering, Ecole Nationale Polytechnique, 10 Avenue Hassen Badi, BP 182 El-Harrach, 16200 Algiers, Algeria, larbisalah@yahoo.com

• E-22. Estudio cuantitativo y cualitativo sobre la utilización de biomasa en edificios públicos para refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria.

García Sanz-Calcedo, Justo

Dpto. de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales, Universidad de Extremadura, España. jgsanz@unex.es

• E-49. Ground-Coupled Heat Transfer from Buildings: ASHRAE vs MEF Methods.

J. Daniel Mena Baladés[1], Ismael Rodríguez Maestre[1], Ignacio Turias Domínguez[2], Pascual Álvarez Gómez[1]

[1]Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz, Avda. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España (jesusdaniel.mena@uca.es)
[2]Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España

• E-50. Intercambiadores enterrados acoplados a bombas de calor: perspectivas para zonas de climas templados.

José Méndez Zapata[1], Ismael Rodríguez Maestre, Gabriel González Siles

[1]Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (www.iiTer.es). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España (jose.mendez@uca.es)

TERCERA SESIÓN - ORALES

THIRD SESSION - ORALS / TROISIEME SESSION – ORALES

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011

Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

13:10 – 14:30 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

TICs
ICTs / TICs

• TIC-4. Development of an Environmental Database and a Geographic Information System on the abandoned Mine of Kettara (Morocco).

A. Khalil[1,2], L. Hanich[1] and R. Hakkou[2]

[1]Laboratory of Georesources, Department of Earth Sciences, Cadi Ayyad University, Avenue Abdelkarim Elkhattabi, Gueliz, B.P. 549 - 40000, Morocco, khalil.abdessamad@gmail.com & &hanich@fstg-marrakech.ac.ma
[2]IDRC Research Chair in Management and Stabilization of Mining and Industrial Wastes, Cadi Ayyad University, Avenue Abdelkarim Elkhattabi, Gueliz, B.P. 549 - 40000, Morocco. rhakkou@fstg-marrakech.ac.ma

• TIC-6. Vwikis: Towards a collaborative tool for publishing quality content on the Web 2.0.

Boubker Sbihi[1], Kamal Eddine El Kadiri[2] and Noura Aknin[3]

[1]Laboratoire LIROSA, Faculté des Sciences de Tétouan, Morocco, Bsbihi@hotmail.com
[2]Laboratoire LIROSA, Faculté des Sciences de Tétouan, Morocco, Elkadiri@uae.ma
[3]Laboratoire LASIT, Faculté des Sciences de Tétouan, Morocco, Aknin@uae.ma

• TIC-34. La experiencia tunecina: una nueva estrategia de desarrollo en el mundo de la información.

Inés Shabou

Departamento de Lenguas - Instituto Superior de Lenguas Aplicadas e Informática de Beja – Universidad de Jendouba, Túnez. shabouines@yahoo.co.uk

• TIC-57. Production preparation in digital environment.

J. Pobozniak

Faculty of Mechanical Engineering, Cracow University of Technology, Al. Jana Pawła II 37,31-864 Cracow, Poland, pobozniak@mech.pk.eud.pl

• TIC-33. Linguistic Capabilities in a Self-Management Medical device to Improve Usability of elderly people.

Mario Crespo Miguel, Daniel Sánchez Morillo , Miguel Ángel Fernández and Luis Felipe Crespo Foix

Biomedical Engineering and Telemedicine Lab, University of Cádiz, Cádiz, Spain, {mario.crespo, daniel.morillo, ma.fernandez, luis.crespo}@uca.es

• TIC-8. Towards an instrument for a new Generation of Blog

Chrayah Mohamed[1], Boubker Sbihi[2] and Kamal Eddine El Kadiri[1]

[1]Laboratory LIROSA, Faculty of Science Tétouan, University Abdelmalek Essaâdi
[2]Mhannech II, B.P : 2121 Tétouan, Morocco

TERCERA SESIÓN - ORALES

THIRD SESSION - ORALS / TROISIEME SESSION – ORALES

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011
Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

13:10 – 14:30 h. SALA B / ROOM B / SALLE B

CADENA DE TRANSPORTE
TRANSPORT SYSTEMS / CHAÎNE DE TRANSPORT

• TL-11. Droit du Transport Maritime des Marchandises Vers l'Unification en Méditerranée.

Mohamed Aouraghe

Département Transport & Logistique, EGICO_sup , Adresse : 21, rue Nador- Quartier Boubana Altamira,California- Tanger. Maroc. Email: aouraghe@gmail.com

• TL-14. Demande de transport de fret et Croissance économique en Tunisie : Couplage ou Découplage ?

H, Bouguerra

Doctorante en Sciences Economiques, Faculté de Droit des Sciences Economiques et Politiques, Université de Sousse, Tunisie. bg.hajera@yahoo.fr

• TL-19. Aplicación de redes neuronales para la predicción de la movilidad entre zonas de transporte. Estudio en el Campo de Gibraltar.

Pedro J. Rodríguez Rueda[1] and Ignacio J. Turias Domínguez[2]

[1]Consorcio de Transporte del Campo de Gibraltar. Avd. Blas Infante, Edif. Plaza Andalucía, planta 2ª, oficina 3C. 11201 Algeciras (Cádiz, España). pejuroru@gmail.com
[2]Departamento de Lenguajes y Sistemas Informático, Universidad de Cádiz, Avenida Ramón Puyol, s/n 11202, Algeciras (Cádiz, España), ignacio.turias@uca.es

• TL-12. El transporte marítimo de corta distancia; una alternativa sostenible.

Patricio De la Osa, María Concepción Segovia

Universidad de Cádiz, Departamento Economía General, Duque de Nájera, 2- 11002 Cádiz, España, patricio.delaosa@uca.es, concepción.segovia@uca.es

• TL-22. Análisis de las diversas metodologías para el estudio del sistema de atraque en terminales portuarias

Alberto Camarero Orive, Íñigo López Ansorena, Mª Nicoletta González Cancelas and Pascual Pery Paredes

Departamento de Ingeniería Civil: Transportes. Universidad Politécnica de Madrid.
Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
C/ Profesor Aranguren, s/n - 28040 Madrid, España. E-mail: alberto.camarero@upm.es, i.lopeza@alumnos.upm.es, nicol@caminos.upm.es, ppery@caminos.upm.es

• TL-23. Evaluación de la Protección en Terminales de Contenedores. Aplicación del Código ISPS

David Romero Faz[1], Alberto Camarero Orive[2]

[1]Dpto. Ingeniería Civil: Infraestructura del Transporte, Universidad Politécnica de Madrid, c/ Alfonso XII, 3 y 5, 28014 Madrid, España, david.romero@upm.es
[2]Dpto. Ingeniería Civil: Transportes, Universidad Politécnica de Madrid, c/ Profesor Aranguren, s/n, 28040, Madrid, España, tr09@caminos.upm.es

CUARTA SESIÓN - ORALES

FOURTH SESSION - ORALS / QUATRIÉME SESSION – ORALES

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011
Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

18:00 – 19:30 h. SALA A / ROOM A / SALLE A

RECURSOS HÍDRICOS
WATER RESOURCES / RESSOURCES HYDRIQUES

• W-6. Gestion de l'eau dans la circonstance d'événements secs: cas du barrage Ghézala (Tunisie)

Majid, Mathlouthi & Fethi, Lebdi

Laboratoire de Recherche en Sciences et Technologies de l'Eau, Institut National Agronomique de Tunisie, 43 av. Charles Nicolle 1082 Tunis, Tunisie, majid_mathlouthi@yahoo.fr, Lebdi.fethi@iresa.agrinet.tn

• W-7. Snow observations and hydrology modeling in Moroccan High Atlas.

A. Boudhar[1], L. Hanich[2], G. Boulet[3] and A. Chehbouni[3]

[1]Département des sciences de la terre, Faculté des Sciences et Techniques, Université Sultan Moulay Slimane, B.P. 523, Béni-Mellal, Maroc, boudhar22@yahoo.fr
[2]Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, av. A. Khattabi, BP. 549, Marrakech, Maroc.
[3]CESBIO (Université de Toulouse, CNRS, CNES, IRD), 18 Av. Edouard Belin BPI 280 Toulouse cedex 4, France.

• W-29. Développement du protocole d'extraction des métaux lourds présents dans les sédiments portuaires de la baie de Cadix.

Fatiha Oudghiri, Mª Rocío Rodríguez Barroso

Departamento Tecnologías del Medio Ambiente, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Edificio CASEM, Polígono Río San Pedro, s/n, España, fatiha.oudghiri@uca.es

• W-26. Contribution à la mise en évidence de l'expérience de l'Algérie dans la gestion intégrée des ressources en eau.

O. Rouane Hacene[1], B. Belhouari1, C. Mahi[2], M. Mansouri[3], et H. Ouyahia[4]

[1]Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Oran. Algérie. rouaneho@yahoo.fr
[2]Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Oran, Algérie.
[3]Centre de Formation Professionnelle, Hassi Bounif, Oran, Algérie.
[4]Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie.

• W-11. Impact of climate change on water resources of the Ouergha watershed (Rif, Morocco).

S. Boukrim[1], N. Sadkaoui[2], A. Lahrach[3], and A. Chaouni[4]

[1]Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, boukrim84@gmail.com
[2]Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, nezhasadkaoui@yahoo.fr
[3]Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, abderrahimlahrach@gmail.com
[4]Geology Department, Polydisciplinary University, Taza, Morocco, alichaouni@yahoo.fr

• W-37. Application des SIG et de la tomographie électrique pour contribuer à la protection de l'aquifère de Martil-Alila (Maroc).

S. Benabdelouahab[1], J. Stitou El Messari[1], M. Himi[2], M. Draoui[3], A. Salhi[4], A. Casas[2]

[1]Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaâdi, B.P. 2121, M'hannech 2, Tétouan, Maroc. moibenabdelouahab@gmail.com
[2]Département de Géochimie, Pétrologie et Prospection Géologique, Université de Barcelone, Espagne.
[3]Département de Géologie, Ecole Normale Supérieure, Tétouan, Maroc.
[4]Département de Géographie, Université Abdelmalek Essaâdi, Maroc. salhi01@gmail.com

CUARTA SESIÓN - ORALES

FOURTH SESSION - ORALS / QUATRIÉME SESSION – ORALES

VIERNES, 20 DE MAYO DE 2011

Friday, 20th of May, 2011 / Vendredi 20 Mai 2011

18:00 – 19:30 h. SALA B / ROOM B / SALLE B

Energías limpias

Clean energies / Energies propres

• E-13. Contribution of Renewable Energy to the Sustainable Development of Remote Localities.

A, Fekraoui

Centre de Développement des Energies Renouvelables, Route de l'Observatoire, BP 62, Bouzareah, Alger, Algeria. fekraoui@hotmail.com

• E-21. Curvas I-V para Generadores Fotovoltaicos Parcialmente Sombreados.

M. Drif[1,2], P. J. Perez[2], J. Aguilera[2], A. Mellit[3]

[1]Département d'Electronique, Faculté de Technologie, Université de M'sila, BP 166, Ichbilia, M'sila, 28000, Algérie, mhd.drif@hotmail.com
[2]Departamento de Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, 23071, Jaén, Spain, pjperez@ujaen.es, aguilera@ujaen.es
[3]Département d'Electronique, Faculté de Technologie, Université de Jijel, Ouled-Aissa, BP 98, Ouled Aissa, Jijel, Algérie, a.mellit@yahoo.co.uk

• E-23. Energy management system based on fuzzy logic for a tramway powered by fuel cell.

P. Garcia[1a], L.M. Fernández[1b], C.A. Garcia[1c], J.P. Torreglosa[2a], and F. Jurado[2b]

[1]Department of Electrical Engineering, University of Cadiz, Avda. Ramon Puyol, s/n. 11202 Algeciras (Cadiz), Spain, pablo.garcia@uca.es[1a], luis.fernandez@uca.es[1b], carlosandres.garcia@uca.es[1c]
[2]Department of Electrical Engineering, University of Jaen, C/Alfonso X, nº 28. 23700 Linares (Jaen), Spain, jtorregl@ujaen.es[2a], fjurado@ujaen.es[2b]

• E-29. Simulation of details in wind speed time-series using Additive Cascades.

Agustín Agüera Pérez[1], José Carlos Palomares Salas[1], Maite Agüera Pérez, José Gabriel Ramiro Leo[1] and Juan José González de la Rosa[1]

[1]Dept. Electrónica, Universidad de Cádiz, Av. Ramón Puyol S/N, España, agustin.aguera@uca.es

• E-34. Neural Control Strategies for Variable Speed Wind Turbine.

C. Brahmi[1], M. Chtourou[1], M. Djemel[1], A. Khamlichi[2], M. Bezzazi[2] and R. Oulad Ben Zarouala[2]

[1]Intelligent Control, design, Optimization of complex Systems Research Unit ENIS, Department of Electrical Engineering, University of Sfax, 3038 Sfax, Tunisia, email: Cherifa.brahmi100@yahoo.fr
[2]Modeling and Simulation of Mechanical Systems Laboratory, Department of Physics, Faculty of Sciences at Tetouan, BP. 2121, M'hannech, 93002 Tetouan, Maroco, email: bezzazi@yahoo.fr

• E-17. Simulation d'un système hybride dans la région de Tétouan, Royaume du Maroc.

Abdelbari Redouane, Abdelmajid Elbouardi, Taïb Ajzoul, Hassan Ezbakhe

Laboratoire d'Energétique, Faculté des Sciences de Tétouane, Université Abdelmalek Essaâdi, BP. 2121, CP. 93000, Tétouan – Maroc, abdelbari04@gmail.com

SESIONES DE POSTERS
POSTERS SESSIONS /SESSIONS POSTERS
Recursos hídricos
Water resources / Ressources hydriques

• W-2. Chemical treatment of olive stone for the development of new biosorbents of lead from aqueous solutions.

G. Blázquez[1], M. Calero[2], M.A. Martín-Lara[3] and A. Ronda[1]

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n, España, [1]gblazque@ugr.es, [2]mcalero@ugr.es, [3]marianml@ugr.es

• W-3. Estado de contaminación del sedimento superficial de los principales ríos del mediterráneo occidental marroquí.

Djebary Z.[1*], Raissouni M.[1], El Arrim A.[1], Rodríguez-Barroso R.[2], Raissouni A.[2], Bouzid S.[3], Er-Raioui H.[3]

[1]Laboratoire LEORN. Département des Sciences de la Terre. Faculté Des Sciences Et Techniques de Tanger. Univ. Abdelmalek Essâadi. Ancienne route de l'aviation, BP. 416, Tanger, Maroc*. djebarytahiri@gmail.com - elarrimk@yahoo.fr
[2]Dpto. Tecnologías del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Univ. de Cádiz Edificio CASEM. Polígono río San Pedro s/n, 11510. Puerto Real, Cádiz. rocio.rodriguez@uca.es
[3]Equipe Géosciences et Environnement. Département des Sciences de la Terre - Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Univ. Abdelmalek Essâadi. Ancienne route de l'aviation, BP. 416, Tanger, Maroc.

• W-5. Conception d'un réseau de suivi piézomètrique de la nappe du Haouz dans un périmètre irrigué à l'Ouest de la Ville de Marrakech.

Abdelhak Sbai

ORMVA DU HAOUZ, BP 2411 Av Hassan II Marrakech, Maroc, sbai_abdelhak@yahoo.fr

• W-8. ASP/SLST: Atmospheric Simulation Platform for Sea and Land Surface Temperature retrieval.

M. Lahraoua[1], N. Raissouni[1], A. Chahboun[1], N. Ben Achhab[1] and A. Azyat[1]

[1]ENSA. Abdelmalek Essaâdi University UAE. Tetuan, Morocco, Emails: m_lahraoua@yahoo.fr ; nraissouni@uae.ma

• W-10. Evapotranspiration and water needs in olive orchards estimated to optimise the irrigation in Tunisia).

Amani Bchir[1], Hechmi Chehab[1], Fethi Ben Mariem[1], Raoul Lemeur[2], Mohamed Braham[1]

[1]Laboratoire d'Ecophysiologie; Institut de l'Olivier de Sousse, Tunisie, ameni.bchir@gmail.com
[2]Laboratoire d'Ecologie des Plantes; Université de Gent, Belgique.

• W-13. Exploitation du SIG pour l'évaluation de la vulnérabilité par rapport à la pollution intrinsèque des eaux souterraines de la nappe de Fès-Meknès en impliquant les méthodes DRASTIC, PRK et GOD, (Maroc).

N. Sadkaoui[1], S. Boukrim[2], A. Lahrach[3] and A. Chaouni[4]

[1]Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, nezhasadkaoui@yahoo.fr
[2]Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, boukrim84@gmail.com
[3]Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, abderrahimlahrach@gmail.com
[4]Geology Department, Polydisciplinary University, Taza, Morocco, alichaouni@yahoo.fr

• W-15. Etude et caractérisation des effluents liquides d'unités industrielles du domaine de l'industrie agroalimentaire en vue de la minimisation des flux polluants.

S. Fellah[1], A. Chafi[2] et B. Attarassi[1]

[1]Département de biologie, Université Ibn TOFAÏL, BP. 133, code postal : 14000 Kenitra, Maroc, sophiafellah@hotmail.fr, attarassi@hotmail.com
[2]Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier, BP 717, code postal : 60000 Oujda, Maroc, chafihafid@yahoo.fr

• W-17. Caractérisation de la Sécheresse dans l'Ouest Algérien.

N. Hassini[1], B. Abderrahmani[2] et A. Dobbi[3]

[1]Faculté des Sciences, Université d'Es-Sénia, BP 1524 Oran Algérie. hassini.noureddine@univ-oran.dz
[2]Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche IHFR, Oran. belaid1822@yahoo.fr
[3]Département de mécanique, Université de Ouargla. dobbi100@yahoo.fr

• W-18. Water use in olive orchards estimated by sap flow in Tunisia.

Amani Bchir[1], Hechmi Chehab[1], Fethi Ben Mariem[1], Raoul Lemeur[2], Mohamed Braham[1]

[1]Laboratoire d'Ecophysiologie; Institut de l'Olivier de Sousse, Tunisie, ameni.bchir@gmail.com
[2]Laboratoire d'Ecologie des Plantes; Université de Gent, Belgique.

• W-19. El uso de Energías Renovables para la obtención de Agua Potable.

N. García-Vaquero Marín, R.* Jiménez Castañeda, Mª. D. Coello Oviedo, Mª R. Rodríguez Barroso, A. Acevedo Merino, J. M. Quiroga Alonso, D. Sales Márquez, J.A. López-Ramírez

Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, Universidad de Cádiz.
*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cádiz.
Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos, CASEM.
Polig. Río San Pedro s/n. Puerto Real, Cádiz, 11510. España.
email: nieves.garcia@uca.es

• W-21. Biosorption du Rouge Congo par les boues résiduaires: équilibre et modélisation.

I. Ben Brahim, B. Mahjoub et Y. M'Sadak

Département de Génie Système Horticole et Environnement
Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, BP. 47, 4042 Sousse
Université de Sousse – Tunisie / bomahjoub@yahoo.fr

• W-23. Biosorption of Textile Dyes onto Sewage Sludge: Influence of Chemical Pre-treatment on Indigo Removal and Decolorization Assays of a Real Industrial Effluent.

B. Mahjoub, I. Ben Brahim and Y. M'Sadak

Department of Horticultural System Engineering and Environment
Higher Institute of Agronomic Sciences of Chatt-Mariem, BP. 47, 4042 Sousse
University of Sousse, Tunisia. mahjoub.borhane@gmail.com

• W-27. Caractérisation hydrogéochimique et isotopique du chaînon calcaire situé au SE de la ville de Chefchaouen (Rif Septentrional, Maroc).

R. El Bardai[1], K. Targuisti[1], J-M. Stitou[1] et R. Hlila[1]

[1]Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaâdi, B.P. 2121 Mhannech II, Tétouan, Maroc. e_rabie76@yahoo.fr

• W-30. Estimates calculation for establishment a wastewater treatment plant in the year 2020 at Oued Laou city (northern Morocco).

A.M. El khamlichi[1], L. Herhar[1], A. El mahboul[2], A. Merzouki[1,3]

[1]University Abdelamlek Essaâdi, Faculty of Science,Tétouan, Morocco.
[2]Hydraulic bassin Agency of Oum Er Rabii, Beni Mellal, Morocco.
[3]University of Granada, Granada, Spain.

• W-31. Apports du rapport Sr++/Ca++, pour la détermination des origines de la salinite des eaux: cas de la région de l'extreme est algérien (El Aounet, Tebessa et El Ma El Abiod).

Djabri L[1], Hani A[1], A. Pulido Bosch[2], Rouabhia A[3], Fehdi Ch[3], Baali F[3], S. Bouhsina[4], J. Mudry[5]

[1]Université Badji Mokhtar Annaba. Département de Géologie. djabri_larbi@yahoo.fr (Corresponding auteur) haniazzedine@yahoo.fr
[2]Université d'Alméria Espagne.Email: apulido@ual.es
[3]Université de Tébessa. baali_fr2000@yahoo.fr, fehdi@yahoo.fr, rouabhia22@yahoo.fr
[4]Université du Littoral, Dunkerque. France. bouhsina@univ-littoral.fr
[5]Université de France Comté, Besançon, France. jmudry@univ-fcomte.fr

• W-32. Aménagement antiérosif traditionnel (Meskat): exploitation des eaux de ruissellement et amélioration des caractéristiques du sol.

R. Majdoub[1], A. Ben Salem[1], S. Khlifi[2] and Y. M'Sadak[1]

[1]Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel. Université de Sousse. Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem, BP 47, 4042 Chott Meriem, Tunisie
rmajdoub@yahoo.com, salem.asma@yahoo.fr, msadak.youssef@yahoo.fr
[2]Département Aménagement et Environnement, Université de Jendouba. Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Equipement Rural, Route du Kef km 5, 9070 Medjez el bab, Béja, Tunisie
slaheddinekhlifi@yahoo.fr

• W-33. Morfología del litoral de Málaga: El caso del río Vélez.

Manuel Eliberto Luque Guerrero[1]

[1]Área de Proyectos Arquitectónicos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Granada, Avenida de Andalucía nº 38 18071 Granada, España, manelmlg@gmail.com

• W-34. Regeneración y protección de la playa del Aculadero en Puerto Sherry.

D. Darío García Contreras[1], and D. José Luis Tejada Márquez[2]

[1]Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, Avda. Mediterráneo s/n, Granada, Spain, dario77@correo.ugr.es
[2]Director General Puerto Sherry, Avda. de la Libertad s/n, El Puerto de Santa María, Cádiz, Spain.

• W-38. Sustainable management of an Aquifer under Arid Conditions (Ghis-Nekor Aquifer, Al Hoceima, Northeast Morocco).

A. Salhi[1], J. Stitou El Messari[2], S. Benabdelouahab[2], M. Draoui[3], M. Himi[4], A. Casas[4]

[1]Geography department, FLSH, Abdelmalek Essaâdi University, Martil, Morocco. salhi01@gmail.com
[2]Geology department, Abdelmalek Essaâdi University, Tetouan, Morocco.
[3]Geology department, ENS, Martil, Morocco.
[4]Geochimistry, petrology and Geological prospection department, Barcelona University, Spain.

• W-39. Use of adsorption in batch reactor for the retention of Cu (II) on an agricultural material: orange peels.

Khalfaoui Amel, Meniai Abdessalam Hassen, Derbal Kerroum

[1]Département de Chimie Industrielle, Université Mentouri Constantine, Route Ain El Bey, Algérie, khalfaoui_amel@yahoo.fr

• W-42. Assessment of spatial and temporal variations of water quality parameters of Oued El Gourzi for suitability to irrigation uses.

L. Tamrabet[1], H. Bouzerzour[2], M. Kribaa[1], D. Goléa[3]

[1]RNAMS Laboratory, LBM University, Oum El Bouaghi (04000), Algeria
[2]Biology Department, Faculty of Sciences, FA University, Setif (19000), Algeria
[3]Chemistry Department, LBM University, Oum El Bouaghi (04000), Algeria
Tel/Fax: (213) 32429039, e-mail: ltamrabet@yahoo.ca

• W-43. Modelización de la erosión interna en una presa de gravedad.

F. Yakhlef[1], M. Á. Parrón Vera[2], M. D. Rubio Cintas[2], A. Khamlichi[1], A. Jabbouri[3], M. Bezzazi[3], P. Dubujet[4]

[1]LAMS, Facultad de Ciencias en Tetuán, BP 2121 M'Hannech, Tetuán, Marruecos.
[2]Universidad Cádiz. Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil, EPSA, Algeciras, España.
[3]LMGC, Facultad de Ciencias y Técnicas en Tánger, BP 416 Tánger, Marruecos.
[4]LTDS, UMR 5513, ENISE, Saint-Etienne, Francia.

• W-44. Predicción de la erosión durante el ensayo normal de erosión de tubo (HET).

B. Kissi[1,2], M. Parrón Vera[2], L. El Bakkali[1], A. Khamlichi[1], M.Bezzazi[1], M. D. Rubio Cintas[2]

[1]Universidad Abdelmalek Essaâdi, Facultad De Ciencias De Tetuán, Marruecos.
[2]Departamento de Ingeniería Industrial y Civil, EPSA, Algeciras, España.
Email: kissifst@yahoo.fr

• W-46. Estudio de la eliminación de nutrientes y metales pesados contenidos en aguas residuales industriales de la ciudad de Tánger mediante el cultivo de microalgas.

F. Z. Mennaa[1], B. Tapiador[1], J. A. Perales Vargas-Machuca[1], J. Bouyalaoui[2], M. Abboudi[2], and J. Barragán Sánchez[1], M. C. Garrido Pérez[1]

[1]Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz, Cádiz. fatima.mennaa@uca.es
[2]Departement des Scineces de l'Univers, Facultédes Sciences et Techniques, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Marruecos.

• W-50. Estudio de la viabilidad de tratamiento de aguas residuales industriales con microalgas: Ensayos de screening con las especies Scenedesmus obliquus y Chlorella Vulgaris en aguas residuales industriales de alto contenido en nitrógeno y metales pesados.

Tapiador Álvarez, Brenda; F.Z. Mennaa, Perales Vargas-Machuca, José Antonio, Garrido Pérez, Mª del Carmen

Departamento de Tecnologías del medio Ambiente, Universidad de Cádiz, Dirección Avenida Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España. brenda.tapiadoral@alum.uca.es

• W-51. Initial setup of an experimental device of Oxic-Settling-Anaerobic activated sludge process (OSA process).

Aragón, C. A.[1]; Romero, P[2]; Coello, Mª D.[2]

[1]Foundation Center for New Water Technologies (CENTA). Autovía Sevilla-Huelva km 28. Carrión de los Céspedes. Seville. Spain. (caragon@centa.es)
[2]Department of Environmental Technology, University of Cádiz, Plg. Río San Pedro s/n, Puerto Real, Cádiz, Spain. (pablo.romero@uca.es; dolores.coello@uca.es)

• W-52. Dark repair processes after ultraviolet disinfection.

J. J. Vélez-Colmenares, A. Acevedo and E. Nebot

Department of Environmental Technologies, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Cadiz, Polígono Rio San Pedro s/n CP 11510, Puerto Real (Cádiz), Spain, julia.velez@uca.es

• W-53. Modélisation des Apports Annuels -Simulation par les Modèles ARMA et Prédiction par le Filtre de Kalman-(étude de cas).

K. Boukharouba[1] et A. Kettab[2]

[1]Department de l'hydraulique, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau-LRS-EAU, 10 Av. Hacène-badi BP182 El-Harrach 16200-Alger, Algérie. b_malikadz@yahoo.com
[2]Department de l'hydraulique, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Laboratoire de Recherche des ciences de l'Eau-LRS-EAU, 10 Av. Hacène-badi BP182 El-Harrach 16200-Alger, Algérie. kettab@yahoo.fr

Energías limpias
Clean energies / Énergies propres

• E-1. Etude du potentiel en Biogaz dans les provinces nord du Maroc.

M. E. Afilal[1], N. Belakhdar[1]

[1]Department de biology, University Mohamed 1st, Morocco. m.afilal@fso.ump.ma

• E-2. Horizontal well performance flow simulation cfd application to model new perforation and fracturation of tight and shale reservoir.

A, Zeboudj Fayçal

Physics Department, University Mentouri Constantine, Route ain el bey Constantine, Algeria. Zeboudj@gmail.com

• E-3. Étude des performances thermiques de la forme géométrique d'un concentrateur sphérique.

Nadir Bellel

Laboratoire Physique énergétique, Université Mentouri, Constantine 25000. Algeria. e-mail: bellelnadir@yahoo.fr

• E-4. FPGA-based implementation of a new control scheme (GA-FLC) for maximum power point tracking.

A. Mellit[1], A. Messai[2] and M. Drif[3]

[1]Department of Electronics, Faculty of Sciences and Technology, Jijel University, Ouled-aissa, P.O. Box .98, Jijel, 18000, Algeria. amellit@ictp.it
[2]CRNB Ain Oussera, P.O. Box 180, 17200, Djelfa, Algeria.
[3]Department of Electronics, M'ssila Univsity, Algeria.

• E-5. Physicochemical, Energy and Environmental Follow-ups of Experimental Biomethanisation Applied to the Animal Biomass.

Y. M'Sadak, A. Ben M'Barek, R.I. Zoghlami, S. Baraket

Department of the Genius of the Horticultural Systems and the Natural Environment Higher Agronomic Institute of Chott-Mariem, University of Sousse, Tunisia. msadak.youssef@yahoo.fr, mb_abiroucha@yahoo.fr, zoghlami.rahmaines@yahoo.fr, baraket.salma@yahoo.fr

• E-6. Environmental and Energy Characterizations of Pilot Biomethanisation Applied to the Effluents of Breeding.

Y. M'Sadak, A. Ben M'Barek, R.I. Zoghlami, S. Baraket

Department of the Genius of the Horticultural Systems and the Natural Environment Higher Agronomic Institute of Chott-Mariem, University of Sousse, Tunisia. msadak.youssef@yahoo.fr, mb_abiroucha@yahoo.fr, zoghlami.rahmaines@yahoo.fr, baraket.salma@yahoo.fr

• E-9. Experiences of solar cooking in south of Portugal (Algarve).

Celestino Rodrigues Ruivo

Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Campus da Penha 8005-139 Faro, Portugal. cruivo@ualg.pt

• E-10. Optimización de la producción de metano a partir de efluentes de la generación de biohidrógeno procedente de residuos sólidos urbanos.

F. Núñez, M. Pérez, J. L. García-Morales

Department of Environmental Technologies. Faculty of Marine and Environmental Sciences CASEM, University of Cádiz, Campus Río San Pedro s/n. E 11510 Puerto Real (Cádiz). Spain. E-mail address: fabian.nunez@uca.es

• E-11. DFIG wind farm: Equivalent model for large power system simulations.

Carlos Andrés García and Luis M. Fernández

Department of Electrical Engineering, University of Cadiz, EPS Algeciras, Avda. Ramon Puyol, s/n. 11202 Algeciras (Spain). carlosandres.garcia@uca.es, luis.fernandez@uca.es

• E-12. Wind generation – energy storage hybrid system based on doubly-fed induction generator and electrochemical battery.

Raúl Sarrias[1], Luis M. Fernández[1], Carlos A. García[1] and Francisco Jurado[2]

[1]Department of Electrical Engineering, University of Cadiz, EPS Algeciras, Avda. Ramón Puyol, s/n. 11202 Algeciras (Cádiz), Spain.
e-mail: raul.sarrias@uca.es, luis.fernandez@uca.es, carlosandres.garcia@uca.es
[2]Department of Electrical Engineering, University of Jaen, EPS Linares, C/ Alfonso X, nº 28. 23700 Linares (Jaén), Spain. e-mail: fjurado@ujaen.es

• E-14. Thermodynamic analysis of the performance of an ammonia-water and ammonia-lithium nitrate absorption system.

Nahla Bouaziz[1], Ridha Ben Iffa, Lakhdar kairouani

Ecole Nationale d'Ingénieur de Tunis. Université de Tunis EL Manar, BP37, le Belvedere 1002, Tunisia. [1]nahlabouaziz@yahoo.fr

• E-15. Freshwater microalgae as potential biodiesel producers: lipid content as screening key.

Regina Fernández-Cabezón[1,2], Ana Bartual[1,2] and J. Ángel Gálvez[1]

[1]Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, Avda. República Saharaui s/n, 11510-Puerto Real (Cádiz, Spain). ana.bartual@uca.es, joseangel.galvez@uca.es
[2]Centro Andaluz de Ciencia y Tecnología Marinas (CACYTMAR), Universidad de Cádiz, Avda. República Saharaui s/n, 11510-Puerto Real (Cádiz, Spain). regina.fernandez@uca.es

• E-16. On the Role of SiC Power Devices for Photovoltaic System.

Tarek Ben Salah[1,2] and Eduardo Romero Bruzón[3]

[1]University of Carthage, ESTI, 45 Rue des Entrepreneurs, 2035 Tunisia. Tarek.bensalah@insalien.org
[2]University of Tunis El Manar-ENIT-L.S.E. BP 37-1002 Tunis le Belvédère, Tunisia.
[3]Universidad de Cadiz, Escuela Superior de Ingeniería, c/Chile 1, 11002 Cádiz, eduardo.romero@uca.es

• E-18. Second generation biofuels in Algeria.

M. A. Aziza

Renewable Energies Development Centre, B.P 62 Route de l'Observatoire, Bouzaréa, Algiers, Algeria. mazziza@cder.dz

• E-19. Producción de biogás a partir de digestión anaerobia de cosetas de remolacha.

M. Jiménez-López, M. Pérez, R. Solera

Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales (CASEM). Universidad de Cádiz. Pol. Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España. marta.jimenezlopez@uca.es

• E-20. Solubilización de la materia orgánica de residuos agrícolas (cosetas de remolacha) a partir de pretratamientos biológicos mesofílicos.

M. Jiménez-López, M. Pérez, R. Solera

Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales (CASEM). Universidad de Cádiz. Pol. Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España. marta.jimenezlopez@uca.es

• E-24. Air conditioning in Algeria using geothermal resources.

Wahiba Bendaikha[1], Salah Larbi[2]

[1]Centre de développement des énergies renouvelables, BP 62 Route de l'Observatoire Bouzaréah, Algiers, Algeria. w_bendaikha@yahoo.com
[2]Department of Mechanical Engineering, Ecole Nationale Polytechnique, 10 Avenue Hassen Badi, BP 182 El-Harrach, 16200 Algiers, Algeria. larbisalah@yahoo.com

E-25. Centro de Coordinación a la Investigación y Gestión para el desarrollo sostenible de la Comarca del Campo de Dalías. Propuesta arquitectónica enmarcada en un nuevo Plan estratégico territorial de Intervención.

González Dueñas, María del Mar

Departamento Expresión Gráfica, Arquitectónica, y en la Ingeniería. E.T.S.A.G, Universidad de Granada. C/ Padre Mendez, n87,bajo A, Almería, CP04006, España. maria.g.duenas@hotmail.com

• E-26. Aplicación de la energía solar a la acuicultura continental en áreas frías y aisladas.

Rafael Jiménez Castañeda[1], Pedro Julio García Chacón[3], María Luisa González de Canales García[2], Milagrosa Oliva Ramírez[2], Julio Fernando García Vargas[3], Adrián Mauricio Castro López[3], Marina Fernández Lora[4] and Adrián Campos Sánchez[5]

[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cádiz, España. rafael.castaneda@uca.es
[2]Departamento de Biología Celular, Universidad de Cádiz, España. marialuisa.gonzalez@uca.es
[3]Centro de Estudios Marinos y Acuicultura. Universidad de San Carlos. Guatemala. pjuliogarcia@gmail.com
[4]Desarrollo Agrario y Pesquero. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Cádiz. España. mflora@dap.es
[5]Departamento de I+D+i. Grupo IGFOTON. Cádiz. España. info@grupoigfoton.es

• E-28. Aspectos geotécnicos en el diseño de cimentaciones geotérmicas.

Rubén A. Galindo

Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid, C/ Profesor Aranguren, S/N, 28040, Madrid (España).
e-mail: ragalindoa@hotmail.com

• E-30. Production of biogas from the organic solid waste in thermophilic phase.

Derbal Kerroum, Bencheikh Le-Hocine Mossaab, Meniai Abdeslam Hassen

Departement de Chimie Industrielle, Université Mentouri Constantine. derbal_kerroum@yahopo.fr

• E-31. Use of IWA ADM1 model N°1 to simulate anaerobic digestion of organic waste.

Derbal K.[1], Bencheikh-LeHocine M.[1], Bolzonella D.[1], Meniai A-H.[1], Pavan P.[2]

[1]Département de Chimie Industrielle, Université Mentouri, Constantine, Route Ain El Bey, Algeria. derbal_kerroum@yahoo.fr
[2]Department of Science and Technology, University of Verona.
[3]Department of Environmental Science, University of Venice, Italy.

• E-32. Production of biogas from solid waste: effects of temperature and substrate composition.

K. Derbal[1], M. Bencheikh-Lehocine[1], D. Bolzonella[2], A-H. Meniai[1] and P. Pavan[3]

[1]Laboratoire de l'ingénierie des procédés de l'environnement (LIPE), Département de Chimie Industrielle, Université Mentouri, Constantine, Algeria. derbal_kerroum@yahoo.fr,
[2]Department of Science and Technology, University of Verona, Italy.
[3]Department of Environmental Science, University of Venice, Italy.

• E-33. Fuzzy predictor synthesis for wind speed.

K. Elloumi-Zghal[1], M. Chtourou[1], M. Djemel[1], A. Khamlichi[2], M. Bezzazi[2] and R. O. Ben Zarouala[2]

[1]Intelligent Control design and Optimization of complex Systems Research Unit (ICOS), Department of Electrical engineering, National School of Engineers at Sfax, Sfax, Tunisia, khouloud.elloumi@yahoo.fr
[2]Analysis and Simulation of Systems Laboratory, Department of Physics, Faculty of Sciences at Tetouan, Tetouan, Morocco. Khamlichi7@yahoo.es

• E-35. Extended Kalman filter based control for wind turbines.

A. Khamlichi[1], R. Oulad Ben Zarouala[1], B. Ayyat[1], M. Bezzazi[1], C. Vivas Venegas[2], M. Chtoutoru[3], M. Djemel[3]

[1]Modelling and Analysis of Systems Laboratory, Faculty of Sciences at Tetouan, Morocco. khamlichi7@yahoo.es
[2]Team Engineering Systems and Automatics, High Engineering School at Seville, Spain. cvivas@esi.us.es
[3]Research Unit of Intelligent Control design and Optimization of complex Systems (ICOS), Department of Electrical engineering, ENIS, Sfax, Tunisia. Mohamed.Chtourou@enis.rnu.tn

• E-36. Photocurrent Improvement in AlGaAs Quantum Well Solar Cells.

A. Belghachi and A. Talhi

Laboratory of Semiconductor Devices Physics, Physics Department, University of Béchar, P.O. Box 417, Béchar, Algeria. email: abelghachi@yahoo.fr

• E-38. Revisión del estado del arte en la reconfiguración de redes de distribución para la minimización de pérdidas.

Francisco Llorens Iborra[1], Esther Romero Ramos[2] and Jesús Riquelme Santos[2]

[1]Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cádiz, Escuela Politécnica Superior de Algeciras, España. francisco.llorens@uca.es
[2]Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, España.

• E-39. Comparacion del proceso de obtencion de metano en un sistema monofase y un sistema de fases separadas.

S. Zahedi[1]*, L. I. Romero[2], D. Sales[1], R. Solera[1]

[1]Departamento de Tecnologías del Medio Amiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales (CASEM). Universidad de Cádiz. Pol, Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España.
[2]Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos. Facultad de ciencias. Universidad de Cádiz. Pol, Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España.
*soraya.zahedi@uca.es

• E-40. Taxation of renewable energies systems in Spain: Where tax benefits doesn't exist... and the interpretation - application of tax law could discourage the implant of this systems.

Alfonso Sanz Clavijo

Public Law Department (Tax Law), University of Cádiz, Spain. alfonso.sanz@uca.es

• E-41. SVM classification for pitting corrosion detection of Austenitic stainless steel in MgCl2 solutions.

M. J. Jiménez-Come[1], E. Muñoz[2], R. García[3], V. Matres[4], M. L. Martín[5], F. Trujillo[6] and I. Turias[7]

[1]Department of Civil and Industrial Engineering (Algeciras), [2]Industrial Technologies Research Institute; [5,6]Department of Chemical Engineering;[7]Department of Computer Science, University of Cádiz, Avda. Ramón Puyol s/n 11202 - Algeciras (Cádiz), Spain.
[1,2,5,6,7]Grupo de investigación: Modelado Inteligente de Sistemas TEP024
{mariajesus.come,eva.munoz,luz.martin,francisco.trujillo,ignacio.turias}@uca.es
[3,4]ACERINOX, S.A. Polígono Industrial Palmones 11379 - Los Barrios (Cádiz), Spain, {rosa.garcia,victoria.matres}@acerinox.es

• E-42. Support Vector Machines and Backpropagation Multilayer Neural Networks as classification methods for predicting high levels of SO2 environment pollutant.

E. Muñoz[1], M. L. Martín[2], M. J. Jiménez-Come[3], F. J. Trujillo[4], I. Turias[5]

[1]Industrial Technologies Research Institute; [2,4]Department of Chemical Engineering; [3]Department of Civil and Industrial Engineering; [5]Department of Computer Science.
[1-5]Polytechnic School of Engineering (Algeciras). University of Cádiz. Avda. Ramón Puyol s/n. 11202-Algeciras (Cádiz)-Spain.
{eva.munoz, luz.martin, mariajesus.come; francisco.trujillo;ignacio.turias}@uca.es

• E-43. Modelo Físico para la intercomparación económica de tipologías de seguimiento y concentración de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red.

F. J. Casares de la Torre[1], J. Ramírez-Faz[2] , R. López-Luque[3]

[1]Dpto. de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Córdoba, Edificio Leonardo DaVinci. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. E-mail: casares@uco.es
[2]Grupo de Investigación de Física para las Energías y Recursos Renovables, Dpto. de Física Aplicada. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain.

• E-45. Herramientas software de ingeniería para el análisis y diseño de instalaciones solares.

F. J. Casares de la Torre[1], J. Ramírez-Faz[2], R. López-Luque[3]

[1]Dpto. de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Córdoba, Edificio Leonardo DaVinci. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. E-mail: casares@uco.es
[2]Grupo de Investigación de Física para las Energías y Recursos Renovables, Dpto. de Física Aplicada. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. rafael.lopez@uco.es

• E-46. Análisis de la influencia de los coeficientes de temperatura normalizados de los módulos PV en el diseño de generadores fotovoltaicos autónomos.

F. J. Casares de la Torre[1], J.Ramírez Faz[2], R. López Luque[3]

[1]Dpto. de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Córdoba, Edificio Leonardo DaVinci. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. E-mail: casares@uco.es
[2]Grupo de Investigación de Física para las Energías y Recursos Renovables, Dpto. de Física Aplicada. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. rafael.lopez@uco.es

• E-47. Study of the releasing of soluble COD in sewage sludge using pretreatments.

F. Pita, M. Pérez

Department of Environmental Technologies, Faculty of Sea and Environmental Sciencies, University of Cádiz, 11510 Puerto Real, Cádiz, Spain. E-mails: fernando.pita@uca.es ; montserrat.perez@uca.es

• E-51. Modelado de transferencia de calor geotérmica mediante elementos finitos.

Pascual Álvarez Gómez[1], Ismael Rodríguez Maestre[1], Ignacio Turias Domínguez[2], Francisco Javier González Gallero[1]

[1]Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz, Avda. Ramón Puyol s/n, Algeciras 11202, España. (pascual.alvarez@uca.es)
[2]Departamento de lenguajes y sistemas informáticos. Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España.

• E-54. Aplicación de CFD a la simulación de sistemas de difusión de aire acondicionado.

Francisco Javier González Gallero, Ismael Rodríguez Maestre and Nicolás Sánchez Cañamero

Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España. (javier.gallero@uca.es)

• E-57. Dispersive liquid-liquid microextraction for nickel determination.

F. Sánchez Rojas, C. Bosch Ojeda, J. M. Cano Pavón

Department of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Málaga, Campus Teatinos s/n, 29071 Málaga, Spain. fsanchezr@uma.es; cbosch@uma.es; jm_cano@uma.es

• E-58. A greener procedure for nickel determination by cloud point extraction.

C. Bosch Ojeda, F. Sánchez Rojas and J. M. Cano Pavón

Department of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Málaga, Campus Teatinos s/n, 29071, Málaga, Spain. cbosch@uma.es; fsanchezr@uma.es; jm_cano@uma.es

• E-60. Application des données géospatiales pour la gestion et la protection de l'environnement urbain (Taza, Maroc).

H. Tabyaoui, F. El Hammichi et A. Chaouni

Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté Polydisciplinaire de Taza, B.P. 1223, Taza-Gare, Maroc. labrisques@yahoo.fr

• E-61. Análisis de estructuras con uniones semirrígidas. Aplicación a racks de almacenamiento.

M. A. Mancha García, J. Franco Oliva, F. J. Moreno Aguado

Departamento Ingeniería Industrial y Civil, Universidad de Cádiz, Avda. Ramón Puyol, s/n , 11300-Algeciras, Cádiz, Spain. email: miguel.mancha@uca.es

Cadena de transporte
Transport systems / Chaîne de transport

• TL-1. Le transport intermodal des voyageurs dans les villes tunisiennes.

Aida Saad Bouzir[1] , Saloua Benammou[2]

[1]Enseignante à l'Institut Supérieur de transport et de Logistique de Sousse, Tunisie. recherchesaida@yahoo.fr
[2]Professeur à la Faculté de droit de Sousse, Tunisie. Saloua.benammou@fdesps.rnu.tn

• TL-2. Management of sustainable transport system.

H, Kadri

Bureau d'études et travaux électriques, Algérie. betel_dz@yahoo.fr

• TL-7. Propuesta de procedimiento para evaluar la factibilidad del uso de combustibles alternativos en vehículos automotores.

Emilio Rodríguez Pérez[1], Carlos Manuel Bonet Borjas[2]

[1]Departamento CEIM, Grupo Transporte, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, calle 114 #11901, entre 119 y 127, Cujae, Marianao, Cuba, erodriguez@mecanica.cujae.edu.cu.
[2]Departamento CEIM, Grupo Transporte, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, calle 114 #11901, entre 119 y 127, Cujae, Marianao, Cuba, bonet@mecanica.cujae.edu.cu.

• TL-8. Costa del Sol Occidental: redes, infraestructura y desarrollo urbano.

Antonio Jesús Palacios Ortiz

Área de Proyectos Arquitectónicos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Granada, Avenida de Andalucía, 38, 18071, Granada, España, a.palaciosortiz@gmail.com

• TL-20. Logistics Management: Signal Localization approaches for Port-Trucks Localization.

O. Chakkor[1], Md. Reda. Chakkor[2], Md. Essaadi[3], Carlos G. Puntonet[4]

[1]Resp. Machine Learning for Signal Processing-Unit, University of Abdelmalek Essaâdi, Morocco.
[2]DESA Naval y Industrial, s.a.r.l, Morocco.
[3]Faculty of Sciences , University of Abdelmalek Essaâdi, Morocco.
[4]Dep. Architecture and Technologies of Computers, University of Granada, Spain. otman.chakkor@uae.ma

• TL-21. Error para entorno – El cómo los errores pueden ser una tecnología para el desarrollo.

Francisco García Triviño

[1]Departamento de Proyectos Arquitectónicos, Universidad Politécnica de Madrid, Avenida Juan de Herrera, 4, Madrid, España. fagtrivino@gmail.com

• TL-24. Accesibilidad en el litoral mediterráneo andaluz: sostenibilidad e infraestructuras en el paisaje.

Rafael de Lacour

Área de Proyectos Arquitectónicos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Granada. Avenida de Andalucía nº 38 18071 Granada, España. rdlacour@ugr.es

TICs
ICTs / TICs

• TIC-1. Blind Signal Separation for EEG signals.

O. Chakkor[1], Carlos G. Puntonet, M. Essaâdi, O. Aghzout, N. Raissouni

[1]Innovation & Engineering of Telecommunication-Group
[1]Resp. Machine Learning for Signal Processing-Unit, University of Abdelmalek Essaâdi, Morocco.
Otman.chakkor@uae.ma

• TIC-7. Towards developing a Reconfigurable Cryptography Coprocessor RCC for Symmetric Block Cipher Algorithms SBCA: Application to Wireless Sensor Networks WSN communication security.

S. El Adib and N. Raissouni

National School for Applied Sciences of Tetuan, Abdelmalek Essaâdi University.
Innovation & Telecoms Engineering Research Group. Remote Sensing & Mobile GIS Unit.
Mhannech II, B.P 2121 Tetuan, Morocco.
adibsamir@gmail.com, nraissouni@uae.ma

• TIC-9. Semantic web technologies for the reuse and adaptation of educational documents in e-learning.

Abderrahman Chekry, Aziz Oriche, Mohamed Khaldi et Kamal Eddine Kadiri

Lirosa, Abdelmalek Essaâdi, Adresse, Maroc. a.chekry@gmail.com

• TIC-10. Dispositivo electrónico para mejorar el aprendizaje inicial de la escritura braille en niños invidentes.

Luz M. Sabogal, Giovanni L. Ríos

Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Distrital, Bogotá D.C., Colombia.

• TIC-11. Annotation sémantique des ressources de l'enseignement à distance pour une communauté virtuelle à base d'agents.

A. Aziz Oriche[1], B. Abderrahman Chekry[2] et C. Mohamed Khaldi[1]

[1]Université Abdelmalek Essaâdi, Laboratoire Lirosa & Lnte, Tétouan, Maroc.
[2]oriche.aziz@gmail.com, a.chekry@gmail.com

• TIC-12. La conception et la modélisation de la scénarisation pédagogique.

Aulad Ben Tahar Maroua, Nassih Azzedine et Khaldi Mohamed

Laboratoire informatique recherche opérationnelle et statistique appliquée, UAE, Tétouan, Maroc.
Maroua-auladbentahar@hotmail.fr

• TIC-14. Online identity and producer's credibility in the participatory web.

Anouar Abtoy[1], Noura Aknin[1], Boubker Sbihi[2], Ahmed El Moussaoui[1] and Kamal Eddine El Kadiri[2]

[1]Lasit, [2]Liorsa, Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaâdi University, Tetouan, Morocco.

• TIC-15. Análisis al impacto de las herramientas de prueba de código abierto en el desarrollo tecnológico actual.

Edgar Serna M.

Facultad de Ingenierías, Fundación Universitaria Luis Amigó
Tv. 51A 67B-90 Medellín, Colombia. edgar.sernamo@funlam.edu.co

• TIC-16. LinuGIS: Dedicated Linux to High Performance GIS Applications.

N. Ben Achhab[1], N. Raissouni[2], M. Lahraoua[1], A. Azyat[1] and A. Chahboun[1]

[1]Faculty of Sciences, University Abdelmalek Essaâdi, Tetuan, Morocco.
[2]National School for Applied Sciences of Tetuan, University Abdelmalek Essaâdi, Tetuan, Morocco.
[1,2]Innovation and Telecoms Engineering, Research Group, University Abdelmalek Essaâdi, Tetuan, Morocco.
Email: world_nizar@yahoo.fr, nraissouni@yahoo.com

• TIC-18. Practical Wireless Sensor Networks Deployment Based on High Node Connection Probability as Support to Remote Sensing In-Situ LST Measurements.

A. Chahboun[1], N. Raissouni[2], N. Ben Achhab[1], M. Lahraoua[1] and A. Azyat[1]

[1]Faculty of Sciences, University of Abdelmalek Essaâdi UAE, B.P. 211 Martil, Tetuan, Morocco.
chahboun_asaad@yahoo.fr
[2]National School for Applied Sciences of Tetuan, University of Abdelmalek Essaâdi UAE, B.P. 211 Martil Tetuan, Morocco. nraissouni@yahoo.com

• TIC-19. Determination of capacities and weaknesses sites using GIS and Mobile GIS Platform: Tangier Old Medina (Hay Bni Yeder) case study.

A. Azyat[1], N. Raissouni[2], N. Ben Achhab[1], A. Chahboun[1], M. Lahraoua[1]

[1]Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaâdi University, Tetuan, Morocco.
[2]National School for Applied Sciences of Tetuan. Abdelmalek Essaâdi University. Morocco.
[1,2]Innovation and Telecoms Engineering, Research Group.
Remote Sensing & Mobile GIS, Unit.
azyat2002@yahoo.fr nraissouni@uae.ma

• TIC-20. Spatial Data Collection Based on GPS: MGISP-Mobile GIS Platform Development.

A. Azyat[1], N. Raissouni[2], N. Ben Achhab[1], A. Chahboun[1], M. Lahraoua[1]

[1]Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaâdi University, Tetuan, Morocco.
[2]National School for Applied Sciences of Tetuan. Abdelmalek Essaâdi University. Morocco.
[1,2]Innovation and Telecoms Engineering, Research Group.
Remote Sensing & Mobile GIS, Unit.

• TIC-21. Remote Sensing Land Surface Temperature derived from Meteosat Second Generation thermal infrared satellite data.

M. Lahraoua, N. Raissouni, A. Chahboun, N. Ben Achhab and A. Azyat

ENSA, Abdelmalek Essaâdi University UAE. Tetuan, Morocco. Emails: m_lahraoua@yahoo.fr, nraissouni@uae.ma

• TIC-22. Split-Window LST Coefficients Retrieval from Thermal InfraRed-TIR Sensors onboard Remote Sensing Satellites.

N. Raissouni, M. Lahraoua, A. Chahboun, N. Ben Achhab, A. Azyat and S. El Adib

ENSA-Tetuan. University Abdelmalek Essaâdi UAE. Tetuan, Morocco. Emails: nraissouni@uae.ma

• TIC-24. VLCD Satellite Image Processing Technique: Application to the Mediterranean Basin PAL data.

N. Raissouni, M. Lahraoua, A. Chahboun, N. Ben Achhab, A. Azyat, S. E. Adib, O. Chakor and O. Aghzout

Innovation & Telecoms Engineering Research Group.
National School for Applied Sciences of Tetuan. University Abdelmalek Essaâdi, Tetuan, Morocco.
Email: nraissouni@uae.ma

• TIC-26. L'analyse comportementale des apprenants sur une plateforme d'apprentissage en ligne.

Ismail El Haddioui et Mohamed Khaldi

Laboratoire d'informatique, recherche opérationnelle et statistique appliquée. Faculté des sciences de Tétouan, Université Abdelmalek Essaâdi, Maroc. ismail.elhaddioui@gmail.com, medkhaldi@yahoo.fr

• TIC-30. Towards ongoing assessment of teaching for formative purposes and professional development: ICT potentialities.

A. Raissouni[1], L. Benlafkih[1] and N. Raissouni[2]

[1]Faculty of Educational Sciences, University Mohammed V, Souissi, Rabat, Morocco.
[2]University Abdelmalek Essaâdi, Tetuan, Morocco. amal01ma@yahoo.fr

• TIC-31. Gifted and High Potential Students: State of the Art & Talent Information System (Talent-IS) perspective.

A. Raissouni and L. Benlafkih

Faculty of Educational Sciences, University Mohammed V, Souissi, Rabat, Morocco.
amal01ma@yahoo.fr

• TIC-36. New E-Shaped Ultra-Wideband Patch Antenna Design for MIMO Systems.

O. Aghzout[1], A. Naghar[1], O. El Mrabet[2], O.Chakkor[1], N. Raissouni[1], F. Falcone[3] & M. Essaaidi[2]

[1]National School of Engineering, ENSA. Abdelmalek Essaâdi University.
[2]Electronics and Microwave Group, Abdelmalek Essaâdi University, Tétouan, Morocco.
[3]Millimeter and Terahertz Waves Laboratory, University of Navarre, Pamplona, Spain.
otman.aghzout@uae.ma

• TIC-40. JE-TLM study on Back Scattering of Conducting Sphere Coated with cold plasma.

R. Abrini, M. Iben Yaich and M. Khalladi

Electronics and Microwaves Research group (EMG), Laboratory Systems of Information and Telecommunications (LaSIT). Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaâdi University, P.O. Box: 2121, Tetouan 93000 Morocco. Email: rachid.abrini@gmail.com

• TIC-41. Vers une modélisation d'un apprenant à base d'ontologie pour un système hypermédia adaptatif.

Aammou Souhaib, Khaldi Mohamed et El Kadiri Kamal Eddine

[1]Lirosa, Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Maroc.
souhaib_111@yahoo.fr, medkhaldi@yahoo.fr, elkadiri@uae.ma

• TIC-44. Cloud Computing for education, an opportunity for Universities: Best quality of service with less investment.

Yassine Tabaa[1], Abdelatif Medouri[2]

[1]Computer Resource Center, Abdelmalek Essaâdi University, BP 211 Martil, Morocco.
ytabaa@uae.ac.ma
[2]Polydisciplinary Faculty, Abdelmalek Essaâdi University, Route de Martil Tétouan, Morocco.
amedouri@uae.ac.ma

• TIC-46. Genetic algorithm to optimize base station sitting in WCDMA networks.

N. Erradi[1], N. Aknin[1], A. Elfallahi[2] and A. El Moussaoui[1]

[1]Laboratoire Systèmes d'Information et Télécommunications, Faculté des Sciences.
[2]ENSA de Tétouan.
Université Abdelmalek Essaâdi, P. O Box 2121 Tetouan 93000, Maroc.
n_erradi0105@yahoo.fr, aknin@uae.ma, aelfallahi@gmail.com, elmousaoui@uae.ma

• TIC-47. Circular Disc with a slit form H and Semicircular Disc Monopole Antennas for UWB Communication.

Diallo Yaccoub Mohamed Hamidne, Noura Aknin, Ahmed EL Moussaoui

Information and Telecommunications Systems Laboratory, Faculty of sciences, Tetouan,
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco.
yadiallo82@gmail.com , aknin@uae.ma , elmoussaoui@uea.ma

• TIC-51. High Permittivity Multilayer Ultra Wide band Antenna for Wireless Communications.

O. Aghzout[1], A. Naghar[1], O. El Mrabet[2], O.Chakkor[1], N. Raissouni[1], F. Falcone[3] & M. Essaaidi[2]

[1]National School of Engineering, ENSA. Abdelmalek Essaâdi University.
[2]Electronics and Microwave Group, Abdelmalek Essaâdi University, Tétouan, Morocco.
[3]Millimeter and Terahertz Waves Laboratory, University of Navarre, Pamplona, Spain.
otman.aghzout@uae.ma

• TIC-53. Design of an omnidirectional microstrip patch antenna for WiMAX marine communications.

Rida El Messari[1], José Carlos Reyes Guerrero[2], Otman El Mrabet[3], Luis Antonio Mariscal Rico[2] and Abdellatif Medouri[1]

[1]Department of Statistics and Informatics, Abdelmalek Essaâdi University, Polydisciplinary Faculty, Martil Road, Tetuan, Morocco. {amedouri, rida__mes}@uae.ma
[2]Department of Computer Languages and Systems, University of Cadiz, Faculty of Nautical Science, Puerto Real (Cádiz), Spain. {josecarlos.reyes, luis.mariscal}@uca.es

• TIC-54. Tolerating Malicious Resources in Grid Computing Systems.

A, Bendahmane, M, Essaaidi, A, El Moussaoui, and A, Younes

Information and Telecommunication Systems Laboratory, Faculty of Science, Tetuan, Morocco.
{a.dahman , elmoussaoui, younes.ali@uae.ma} / essaaidi@ieee.org

• TIC-55. Defense Mechanisms against attacks in Grid Computing.

A. Bendahmane, M. Essaaidi, A. El Moussaoui and A. Younes

Information and Telecommunication Systems Laboratory, Faculty of Science, Tetuan, Morocco.
{a.dahman , elmoussaoui, younes.ali@uae.ma} / essaaidi@ieee.org

• TIC-56. Teleradiología: Situación actual y perspectivas futuras.

Antonio Fernández Abásolo

Departamento Maquinas y Motores Térmicos, Universidad Cádiz, Avda Ramón Pujol s/n, Algeciras, España. antonio.abasolo@uca.es

• TIC-58. Incorporating machine learning for a contextual recommender systems.

Najma Hamzaoui, Abdelouahid Lyhyaoui

LTI Lab., ENSA de Tanger, Université Abdelmalek Essaâdi, BP 1818 Tanger Principale, Tanger, Maroc, hamzaoui.najma@gmail.com

MEETING ROOM

El Euromediterranean Scientific Congress on Engineering (EMSCE2011) es ante todo un punto de encuentro, un lugar para compartir soluciones y puntos de vista ante los principales retos a los que el espacio euro mediterráneo se enfrenta.

Con objeto de sacar el máximo partido de la oportunidad que supone reunir durante 2 días en un mismo espacio a investigadores internacionales y empresas, desde la organización del Congreso se ha puesto en marcha el MEETING ROOM.

¿QUÉ ES?

El Meeting Room es un espacio físico disponible durante toda la celebración del Congreso, en el que los investigadores interesados pueden presentar sus propuestas e ideas a otros investigadores, con la idea de crear nuevos partenariados para la puesta en marcha de proyectos internacionales.

Igualmente permite a empresas entrar en contacto con investigadores nacionales e internacionales, con objeto de conocer de primera mano qué trabajos se están realizando y en qué medida se ajustan a sus necesidades concretas.

¿CÓMO FUNCIONA?

El Meeting Room se articula en base a entrevistas individualizadas entre investigadores interesados en temáticas similares o entre investigadores y empresas. Funciona a través de un mecanismo de Agenda, en el que la organización cierra las citas vis a vis según las preferencias que han sido previamente manifestadas por los participantes al inscribirse al Congreso.

SALLE DE RÉUNION / MEETING ROOM

Le Euromediterranean Scientific Congress on Engineering (EMSCE2011) est avant tout un lieu de rencontre et un endroit pour échanger les points de vues et les solutions aux défis majeurs auxquels l'espace euro-méditerranéen fait face.

Pour profiter pleinement de la possibilité de réunir pour 2 jours dans le même espace des chercheurs internationaux ainsi que les entreprises, les Organisateurs du Congrès ont lancé la Salle de Réunion (Meeting Room).

¿QU'EST-CE QUE C'EST?

Le Meeting Room est un espace physique disponible tout au long du Congrès, où les chercheurs peuvent présenter leurs propositions et idées à d'autres chercheurs, dont le but de créer de nouveaux partenariats pour la mise en œuvre des projets internationaux.

Il permet également aux entreprises d'établir des contacts avec les chercheurs nationaux et internationaux afin de connaître de très prêt le travail et la recherche développé ainsi que la mesure pour répondre à leurs besoins spécifiques.

¿COMMENT ÇA MARCHE?

Le Meeting Room se base sur des entretiens individuels entre les chercheurs qui s'intéressent à des thèmes similaires ou entre chercheurs et entreprises. Elle fonctionne grâce à un mécanisme d'Agenda, dans laquelle l'Organisation du Congrès fixe des rendez-vous vis-à-vis en fonction des préférences déjà exprimées par les participants lors de l"inscription au Congrès.



PROGRAMA SOCIAL

Jueves, 19 de mayo de 2011, 17:00 h.

VISITA EN BARCO POR LA BAHÍA DE ALGECIRAS

Visita a la Bahía de Algeciras para conocer las instalaciones del Puerto, su parte comercial e industrial, lo que permitirá apreciar cómo se integra el Puerto, la Bahía y el entorno urbano del Campos de Gibraltar. Si las condiciones meteorológicas lo permiten, será posible el avistamiento de cetáceos.

Lugar: Puerto de Algeciras.

Transporte: Está previsto el traslado en autocar de los asistentes desde la sede del Congreso. Consultar horario exacto de transportes en el cuadro situado en la Escuela Politécnica Superior.

Jueves, 19 de mayo de 2011, 21:00 h.

CENA DE GALA DEL CONGRESO

Lugar: Hotel Guadacorte Park, Los Barrios.

Transporte: Está previsto el traslado en autocar de los asistentes desde la sede del Congreso. Consultar horario exacto de transportes en el cuadro situado en la Escuela Politécnica Superior.

PROGRAMME SOCIAL

Jeudi 19 mai 2011, 17:00 pm.

VISITE EN BATEAU SUR LA BAIE D'ALGÉSIRAS

Visite à la Baie d'Algesiras pour connaître les installations du Port, ainsi que sa partie commerciale et industrielle, en nous permettons nous rendre compte de la manière dans laquelle le Port, la Baie et les environs urbaines sont intégrés. Si les conditions météorologique nous le permettent, il sera possible de voir cétacés.

Lieu: Port d'Algésiras.

Transport: Transport en autocar des participants du lieu du Congrès. Vérifiez les heures exactes de transport sur le panneau d'affichage à l'École Supérieure Polytechnique.

Jeudi 1 mai 2011, 21:00 pm.

DÎNER GALA DU CONGRÈS

Lieu: Hôtel Guadacorte Park, Los Barrios.

Transport: Transport en autocar des participants du lieu du Congrès. Vérifiez les heures exactes de transport sur le panneau d'affichage à l'École Supérieure Polytechnique.

INFORMACIÓN GENERAL

SEDE

Escuela Politécnica Superior de Algeciras, ubicada en la Avenida Ramón Puyol s/n, 11202, Algeciras

SECRETARÍA DEL CONGRESO / SECRÉTARIAT CONGRÈS / CONGRESS SECRETARIAT

Aula Universitaria del Estrecho

Avda. Ramón Puyol s/n. 11202 Algeciras (Cádiz) - España

Teléfono: +34 956028195 Email: secretaria@emsce2011.com

SECRETARÍA CIENTÍFICA / SECRÉTARIAT SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC SECRETARIAT:

Carlos Andrés García Vázquez – Coordinador Español / Spanish Coordinator.

Escuela Politécnica Superior

Avda. Ramón Puyol s/n. 11202 Algeciras (Cádiz) - España

Teléfono: +34 956028018 Email: algeciras@emsce2011.com

NaoufalRaissouni – Coordinateur Marocain / Moroccan Coordinator.

École Nationale des Sciences Appliquées de Tétouan

Mhannech II, B.P : 2121 Tétouan. Maroc.

Tél: +212 (0539) 97 24 23 Email: tetuan@emsce2011.com

IDIOMA Y TRADUCCIÓN SIMULTANEA

El idioma oficial del congreso es el español. Habrá traducción simultánea francés-español-francés.

IDENTIFICACIÓN Y TICKETS

Con la documentación del Congreso, se entregará una acreditación nominativa. Además se incluirá el esquema del programa y el ticket para la Cena de Gala. Será imprescindible llevar la acreditación en sitio visible para acceder a las sesiones científicas, así como presentar el ticket para la Cena de Gala.

TRASLADOS

Los congresistas tendrán a su disposición un servicio de autocares para su traslado a las actividades del Programa Social. Se ruega consultar los paneles situados en la sede del Congreso y el Hotel "Aura" con el fin de informarse sobre los horarios de salida.

WIFI

Los congresistas tendrán a su disposición acceso a internet a través de red wifi:

Nombre de la Red: UcAirPublica Clave: caminantenohaycamino

NOTA: una vez se acceda a Internet a través del navegador, será necesario introducir la siguiente información en la página de acceso:

Usuario: ucongreso05 Clave: c404576

INFORMATIONS GÉNÉRALES

SIÈGE

École Polytechnique Superior d'Algésiras, Av. Ramón Puyol s/n, 11202, Algésiras

SECRETARÍA DEL CONGRESO / SECRÉTARIAT CONGRÈS / CONGRESS SECRETARIAT:

Aula Universitaria del Estrecho

Av. Ramón Puyol s/n. 11202 Algésiras (Cadix) - Espagne

Téléphone: +34 956028195 Email: secretaria@emsce2011.com

SECRETARÍA CIENTÍFICA / SECRÉTARIAT SCIENTIFIQUE / SCIENTIFIC SECRETARIAT:

Carlos Andrés García Vázquez – Coordinador Español / Coordinateur Espagnole / Spanish Coordinator.

Escuela Politécnica Superior

Avda. Ramón Puyol s/n. 11202 Algeciras (Cádiz) - España

Teléfono: +34 956028018 Email: algeciras@emsce2011.com

Naoufal Raissouni – Coordinador Marroquí / Coordinateur Marocain / Moroccan Coordinator.

École Nationale des Sciences Appliquées de Tétouan

Mhannech II, B.P : 2121 Tétouan. Maroc

Tél: +212 (0539) 97 24 23 Email: tetuan@emsce2011.com

LANGUE ET TRADUCTION SIMULTANÉE

La langue officielle de la conférence est l'espagnol. La traduction simultanée français-espagnol-français est assurée.

IDENTIFICATION ET TICKETS

Avec la documentation du Congrès, un batch nominatif est délivré, le programme du Congrès ainsi qu'un ticket pour le dîner de Gala. Il est indispensable d'avoir le batch visible pour accéder aux sessions scientifiques et présenter le ticket pour le dîner de Gala.

TRANSFERTS

Les congressistes auront à leur disposition un service de bus pour le transfert aux lieux des activités du programme social. Veuillez consulter les panneaux au sein du Congrès et à l'Hôtel "Aura" pour mieux se renseigner sur les horaires de départ.

WIFI

Les Congressistes auront l'accès internet par réseau sans fil wifi:

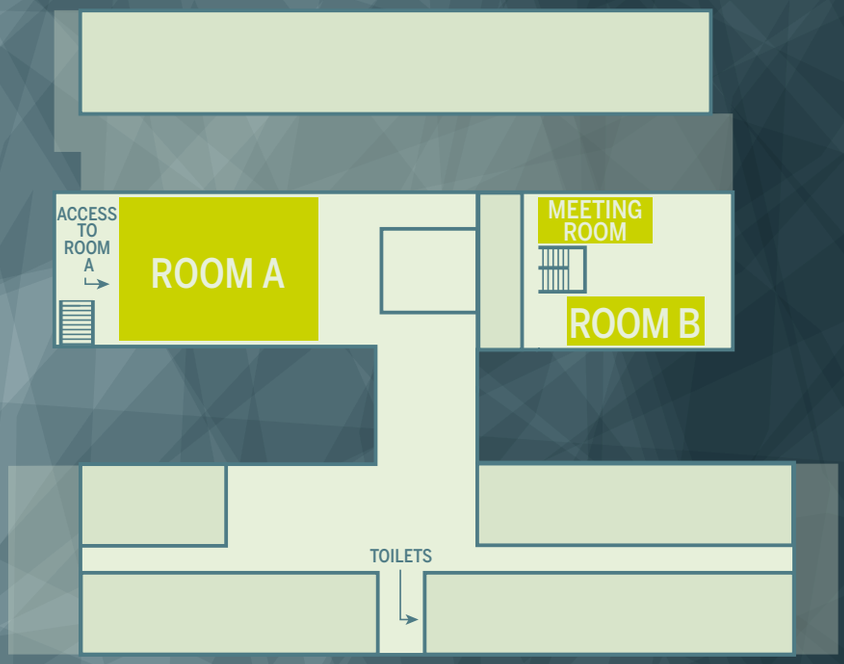
Nom Réseau: UcAirPublica Mot de passe: caminantenohaycamino

NOTE: Une fois que vous accéder à Internet via le navigateur, vous devez entrer les informations suivantes dans la page de connexion:

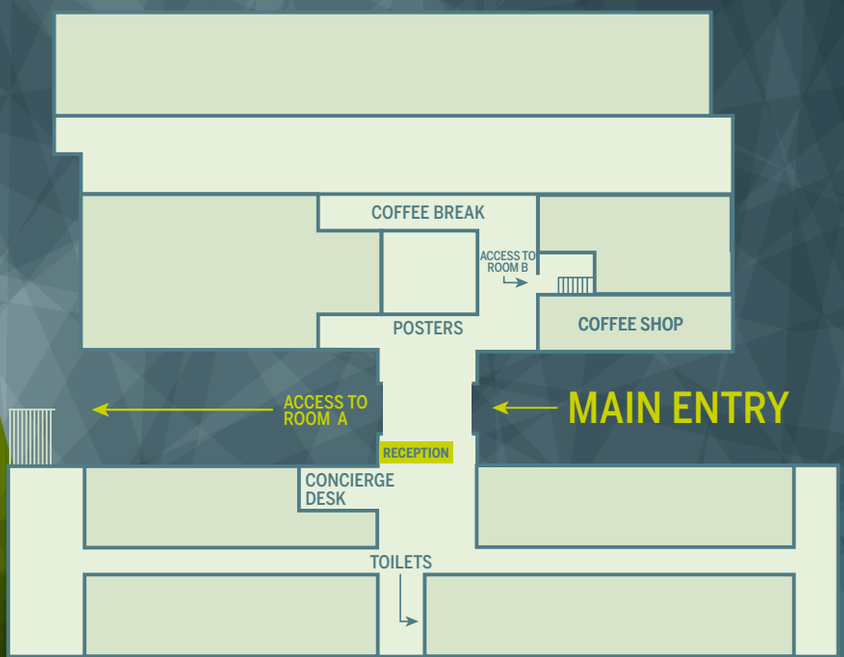
Login: ucongreso05 Password: c404576

PLANO
MAP / CARTE

FIRST FLOOR



LOWER FLOOR



MAY 19_20 2011 ALGECIRAS SPAIN

EMSCE 2011

EUROMEDITERRANEAN SCIENTIFIC CONGRESS ON ENGINEERING

POLYTECHNIC SCHOOL OF ENGINEERING_ALGECIRAS • UNIVERSITY OF CÁDIZ_SPAIN



Sesiones Plenarias

Plenary sessions

Sessions Plénières

CONFERENCIA PLENARIA, JUEVES 19 DE MAYO DE 2011

Situación actual y perspectivas de las Energías Renovables en Andalucía.

D. Francisco José Bas Jiménez,

Director General de la Agencia Andaluza de la Energía.

PLENARY CONFERENCE, THURSDAY 19th OF MAY, 2011

Present and Prospects of Renewable Energies in Andalusia.

Mr. Francisco José Bas Jiménez,

Director General of the Andalusian Energy Agency.

CONFÉRENCE PLÉNIÈRE, JEUDI 19 MAY 2011

Situation actúelle et perspectives des énergies renouvelables en Espagne.

M. Francisco José Bas Jiménez,

Directeur Général de l'Agence de l'Énergie Andalouse.

CONFERENCIA PLENARIA, VIERNES 20 DE MAYO DE 2011

El futuro de los puertos: sostenibilidad y financiación.

Sr. Alberto Camarero Orive,

Director del Departamento de Ingeniería Civil: Transportes. Universidad Politécnica de Madrid.

PLENARY CONFERENCE, FRIDAY 20th OF MAY, 2011

The future of the ports: sustainability and funding.

Mr. Alberto Camarero Orive,

Director of the Department of Civil Engineering: Transport. Universidad Politécnica de Madrid.

CONFÉRENCE PLÉNIÈRE, VENDREDI 20 MAY 2011

Le futur des ports : soutenabilité et finances.

M. Alberto Camarero Orive,

Directeur du Département de Génie Civil. Transport. Universidad Politécnica de Madrid.



Sesiones Invitadas

Invited Sessions

Sessions Invitées

SESION INVITADA, JUEVES 19 DE MAYO DE 2011

Presentación del Centro para la Desarrollo Tecnológico Industrial de España.

D. Antonio Gómez Gálvez,

Departamento de Mercados Innovadores Globales.

INVITED SESSION, THURSDAY 19th OF MAY, 2011

Presentation of the Centre for the Development of Industrial Technology of Spain.

Mr. Antonio Gómez Gálvez,

Department of Global Innovative Markets.

SESSION INVITÉE, JEUDI 19 MAY 2011

Présentation du Centre pour le Développement Technologique Industriel de l'Espagne.

M. Antonio Gómez Gálvez,

Département des Marchés Innovants Global.

SESION INVITADA, VIERNES 20 DE MAYO DE 2011

Campus de Excelencia Internacional: Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Global.

Dña. Pilar Paneque Salgado,

Directora de la Oficina del CEI Cambio.

INVITED SESSION, FRIDAY 20th OF MAY, 2011

International Excellence Campus: Environment, Biodiversity and Global Change.

Mrs. Pilar Paneque Salgado,

Director of the Office of CEI Cambio.

CONFÉRENCE PLÉNIÈRE, VENDREDI 20 MAY 2011

Campus d'Excellence Internationale: Environnement, Biodiversité et Changement Global.

Mme. Pilar Paneque Salgado,

Directeur de l'Office de CEI Cambio.

SESION INVITADA, VIERNES 20 DE MAYO DE 2011

Campus de Excelencia Internacional del Mar.

Dña. Carmen Garrido Pérez,

Directora de la Oficina del CEI Mar.

INVITED SESSION, FRIDAY 20th OF MAY, 2011

International Excellence Campus of the Sea.

Mrs. Carmen Garrido Pérez,

Director of the Office of CEI Mar.

CONFÉRENCE PLÉNIÈRE, VENDREDI 20 MAY 2011

Campus d'Excellence Internationale de la Mer.

Mme. Carmen Garrido Pérez,

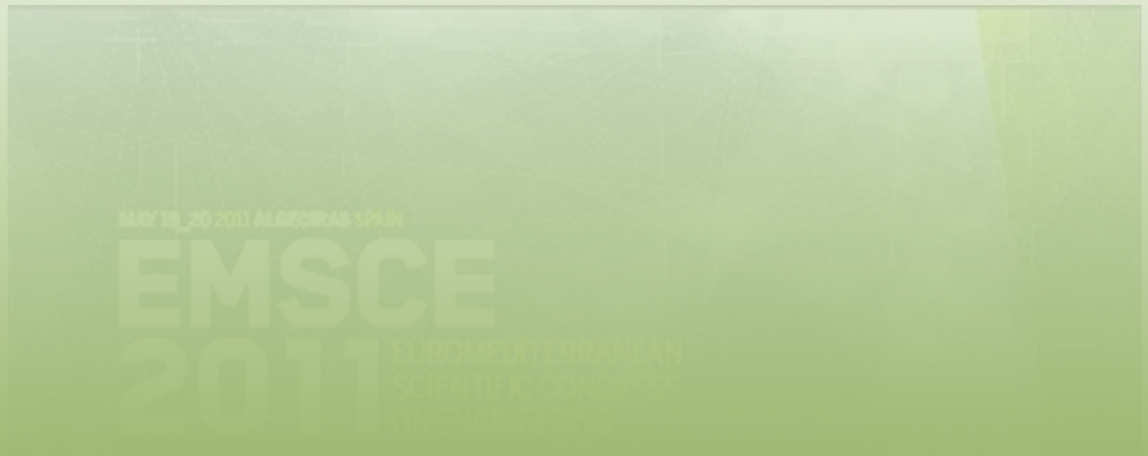
Directeur de l'Office de CEI Mar.



Comunicaciones

Papers

Communications



Recursos Hídricos

Water Resources

Ressources Hydriques

The Spanish desalination plants and their sustainability

A. Pulido-Bosch[1], A. Vallejos[1], F. Sola[1] and L. Daniele[2]

[1] Department of Hydrogeology, University of Almería, Almería (Spain), apulido@ual.es, avallejo@ual.es, fesola@ual.es

[2] Department of Geology, Universitat Autònoma de Barcelona (Spain), Linda.Daniele@uab.cat

Abstract. Many coastal areas of our planet receive only scarce precipitation, and have limited or often non-existent surface water resources. Tourism and, above all, intensive agriculture in these areas are satisfied almost exclusively from groundwater resources and, frequently, this brings concomitant water quality problems. In the Spanish Mediterranean Basin, future demand is challenged by a serious water shortage. Spain currently has around thirty large desalination plants, with capacities of between 20,000 and 125,000 m^3/day, and there are several plants in the planning stage, to be constructed in the near future. This paper analyses a new series of problems that arises as a result of this new approach to meeting water demand, with the surprise finding that, until now, aquifers continue to be subject to intensive abstractions. The evidence suggests that, in same cases, the water users are hesitant to adopt the alternative source of water supply, which could liberate much of the committed groundwater and encourage a more sustainable management of water resources, albeit at a higher cost.

Keywords: Aquifer, Desalination, Intensive abstraction, Water demand.

1. Introducción

La franja litoral engloba numerosas áreas con precipitaciones escasas donde los recursos hídricos superficiales son muy escasos y, a veces, inexistentes. El turismo y, sobre todo, la intensa actividad agrícola desarrollada considerablemente en las últimas tres décadas, se satisfacen en su casi totalidad con aguas subterráneas, que presentan en muchos casos problemas de calidad. Se puede afirmar que el desarrollo económico de estas áreas ha guardado una estrecha relación con la disponibilidad de agua subterránea de buena calidad [1, 2]. La cuenca mediterránea española afronta su futuro con una gran limitación: la escasez de agua disponible que pueda satisfacer las demandas turísticas, agrícolas e industriales. Se intentó buscar la solución a este problema en el trasvase de agua desde el río Ebro, junto con otras actuaciones subsidiarias, entre las que se encontraban la construcción de plantas desaladoras. Posteriormente abandonan el trasvase mayor y apuestan por la desalación de agua de mar, acompañado de una política de ahorro y reutilización del agua, acorde con el espíritu de la Directiva Marco Europea sobre el Agua [3], reutilización de aguas residuales previa depuración, ahorro máximo del agua y su uso óptimo.

La desalación de agua de mar tiene una larga tradición en las islas Canarias y es una práctica muy común en todo el Mediterráneo más "árido", desde Malta a Chipre, Israel o Libia y Túnez. Arabia Saudita, los Emiratos Árabes y los países del entorno, grandes productores de petróleo, utilizan la desalación, e incluso en algunos casos han evaluado la posibilidad de emplear agua desalada para

efectuar recarga artificial, concretamente en Kuwait [4]. Además, las áreas de clima mediterráneo se caracterizan por la recurrencia de sequías que hacen que sectores normalmente autosuficientes, cada decena de años, se enfrenten a una escasez de agua que hace tambalear el esquema económico, con la consiguiente crispación social. En esos años más secos el riesgo de intrusión marina, como consecuencia de la explotación intensiva, es muy elevado. En algunos casos, la recarga artificial puede paliar el problema, aunque en los acuíferos costeros siempre existe el riesgo de que el agua recargada transite hacia el mar sin un adecuado aprovechamiento.

El objetivo de la presente comunicación es mostrar el notable cambio que se produce en el dominio de la gestión de los recursos hídricos en tales regiones de escasez de agua, tras la incorporación de las plantas desaladoras de agua. La tecnología puede parecer que reduce los problemas de escasez, a condición de disponer de ella y de la energía necesaria para afrontar esa demanda, y de que los usos hídricos tengan la rentabilidad adecuada como para afrontar el aumento de los costes de explotación.

2. Las plantas desaladoras como una alternativa

En España existen unas 30 plantas desaladoras de capacidad comprendida entre 20 000 y 125 000 m^3/día, y hay varias más en proyecto, a realizar en los próximos años dentro del programa ministerial AGUA [5], con una capacidad desaladora potencial de 875 hm^3/año. A estas hay que añadir las previstas por la iniciativa privada.

El suministro a una planta de desalación se puede hacer tomando el agua directamente del mar (toma abierta), o mediante sistemas de captación en la franja litoral, aprovechando así el poder depurador y filtrante de los sedimentos costeros. Sondeos verticales, perforaciones horizontales dirigidas (PHD), túneles paralelos a la costa con taladros laterales, zanjas drenantes, son otras tantas alternativas posibles. La forma más intuitiva de suministro es la toma abierta o toma directa de agua de mar. Esta modalidad requiere que el agua sea sometida a costosos tratamientos tendentes a eliminar las partículas arrastradas y en suspensión, así como la materia orgánica y cualquier tipo de organismo. Para grandes plantas –más de 200.000 m^3/día de producción- es prácticamente la única opción y la más viable desde el punto de vista económico [6]. En los demás casos, la toma de agua de mar mediante obras de captación en el acuífero litoral suele ser la solución más adecuada y la menos costosa, al reducir sensiblemente los tratamiento del agua, a condición de que exista un acuífero con las características adecuadas en la franja litoral [7]. Por otro lado, se trata de una alternativa que puede contribuir al mejor aprovechamiento de los acuíferos costeros, al reducir considerablemente el riesgo de intrusión marina, pues se crea una barrera negativa que impide el avance de la cuña salina. Siempre cabe una opción mixta, es decir, parte del agua suministrada con obras en el acuífero costero, complementadas en períodos de mayor demanda, por ejemplo, con una toma abierta.

3. El suministro mediante captaciones litorales

Desde el punto de vista geológico, hay que tener en cuenta las características estratigráficas, sedimentológicas, tectónicas y neotectónicas del área costera en cuestión. Tiene que existir conexión hidráulica de los terrenos costeros con el mar. Interesan especialmente los de porosidad intergranular, dado que filtrarán mejor el agua captada. Los terrenos más idóneos son gravas y arenas con escasa o nula fracción fina. Los materiales fisurados y fracturados pueden aportar caudales elevados, especialmente a través de las fracturas abiertas; aunque permiten el paso de materia orgánica y

partículas en suspensión. Algo similar puede decirse de los acuíferos kársticos, que suelen aportar caudales muy elevados. Es muy recomendable realizar un estudio hidrogeológico previo a la ubicación de las captaciones. El área de investigación hidrogeológica no debe restringirse al entorno de las captaciones, sino que ha de ampliarse a la totalidad del acuífero, con el fin de conocer su funcionamiento hidrodinámico. Además, han de considerarse otros aspectos, como los legales (demarcación marítimo-terrestre, posible sobreexplotación del acuífero) o medioambientales (existencia de zonas protegidas). Como regla general, hay que intentar situar los sondeos lo más próximo posible al litoral, entre 30 y 50 m.

Las técnicas de prospección geofísica pueden constituir un buen auxiliar para definir el emplazamiento de los sondeos de captación. Los métodos sísmicos de reflexión son los más adecuados, pero costosos. Dentro de los métodos eléctricos, los electromagnéticos son bastante resolutivos en la zona saturada de agua continental, ya que pueden determinar con gran precisión el contacto agua dulce-agua salada, si éste se encuentra a relativa escasa profundidad, como consecuencia del notable contraste eléctrico entre ambas aguas [8, 9]. Sin embargo son menos resolutivos dentro de la zona saturada en agua salada, ya que no existen grandes contrastes resistivos, dentro de valores generalmente muy pequeños. La modalidad de electrical resistivity tomography (ERT) puede ser relativamente resolutiva [10]. Miden resistividades aparentes mediante gran número de electrodos de corriente y de potencial. Los datos son tratados posteriormente mediante algoritmos matemáticos de inversión para obtener una imagen de Resistividad-Profundidad "real", que permite su interpretación tanto vertical como horizontalmente (2 D). Los resultados son espectaculares en acuíferos detríticos homogéneos pues las zonas mas transmisivas, que son las saturadas en agua de mar, son las que presentan resistividades más bajas (0,2 a 5 Ω.m, fig. 1). Las técnicas geofísicas son necesarias también para poder definir con precisión los tramos a entubar. Gamma ray suele ser la técnica más resolutiva al permitir diferenciar bien los tramos arcillosos de los que no lo son.

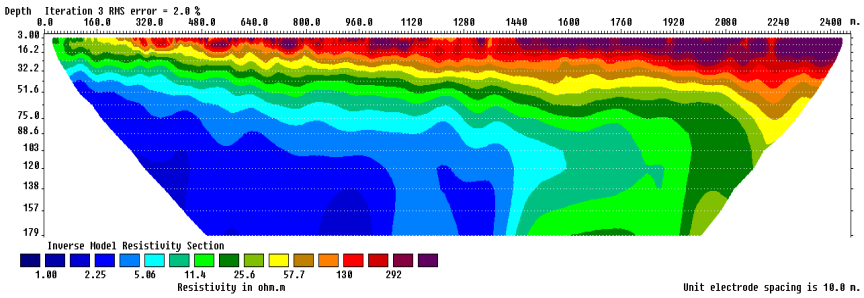


Fig. 1 Ejemplo de tomografía de resistividad eléctrica a lo largo del río Andarax, Almería, SE España [11].

3.1. Métodos de perforación y captación

La técnica de perforación a elegir es de gran relevancia, ya que la duración de la obra, la calidad de la terminación y los problemas de ejecución dependen de ello. Cualquier método capaz de perforar en diámetro superior a 600 mm resulta adecuado, con tal de que sea rápido, limpio, preciso en la extracción litológica, y que garantice la estabilidad de las paredes. La perforación a percusión no suele presentar limitaciones de diámetro. No obstante, esta técnica plantea algunos inconvenientes como su lentitud, que puede hacer que un sondeo de 100 m llegue a tardar de 30 a 50 días, en el supuesto de que no aparezcan problemas añadidos; en el caso de los acuíferos detríticos, la tardanza puede traer consigo problemas de desprendimientos o colapsos de las paredes. La solución suele pasar por el empleo de una entubación auxiliar, lo cual incorpora un problema añadido. La percusión

presenta el problema común de casi todas las técnicas de perforación, que es el de la adecuada asignación de las muestras a su profundidad por lo que es necesario realizar una testificación antes de la entubación. Respecto a las rocas fisuradas, carbonatadas o detríticas cohesionadas (areniscas y conglomerados), el sistema a utilizar es el de percusión, ya que no existen problemas de desprendimientos, aunque permanece el problema de su lentitud.

La perforación a rotación directa, con lodos bentoníticos, es una técnica muy rápida. Los mayores problemas se derivan de la incorrecta eliminación del lodo que se forma en la pared y que sirve para sujetarla e impedir desplomes, ya que disminuye la productividad del pozo. Parte de la perforación se efectuará en un medio saturado por agua salobre y agua salada, con la composición cercana o igual a la del agua de mar. Según ésto, los lodos convencionales plantean en general algunos problemas, que se suelen minimizar aumentando la densidad de los mismos, para limitar el paso del agua de la formación al espacio perforado, con el problema añadido de incrementar la dificultad de eliminación del lodo y la consiguiente disminución del rendimiento del sondeo (tampoco elimina el problema de la pérdida de solubilidad). Por tanto, lo que hay que hacer es utilizar lodos específicos para aguas saladas [12]. Siempre se tiene la opción de emplear lodos degradables.

El método de rotación inversa es el que tradicionalmente se ha considerado como óptimo para la perforación de materiales sueltos, además de presentar otras ventajas como la de poder realizar pozos de grandes diámetros, rápidos y sobre todo limpios, especialmente si se emplea agua como fluido de perforación. Algunos de los problemas que plantea derivan del hecho de que raramente se perfora solo con agua, aunque usualmente son lodos de más fácil eliminación que los de rotación directa. La gran autonomía de estos equipos de perforación permite limpiar rápidamente el sondeo. Los tramos permeables constituidos por arenas finas seleccionadas pueden ser de difícil perforación, ya que tienden a erosionarse y desprenderse y a ensanchar constantemente el sondeo, pudiendo provocar su colapso. El empleo de sustancias colmatantes naturales o artificiales reduce los riesgos; en la desaladora de Almería se utilizó serrín para resolver este problema [13].

A veces es conveniente alternar con más de una técnica de perforación en un área determinada, en función de la problemática local. Por ejemplo, podría ser conveniente hacer el emboquille a percusión y continuar a rotación con circulación inversa. Otras veces es el mismo equipo el que puede utilizarse con una técnica u otra; en este sentido, algunas máquinas de rotopercusión puedan trabajar también a rotación inversa. Recientemente se ha incorporado la técnica de perforación horizontal dirigida (PHD) [14]. Primeramente se realiza un sondeo piloto, de pequeño diámetro. Una vez realizado el sondeo piloto, se procede al ensanche. Cuando el cabezal llega al punto de salida es sustituido por un retroensanchador con el diámetro deseado. Por último, se introduce la tubería, en el mismo sentido o contrario al del escariador del ensanche; generalmente se hace desde mar hacia el continente. Con el tiempo los finos obturan los orificios de paso del agua en estas perforaciones, con el correspondiente descenso de la productividad. Este problema podría evitarse si se colocan tubos microporosos. Mediante esta técnica los rendimientos usuales alcanzan 100 a 150 L/s, alcanzan longitudes superiores a los 600 m, y los diámetros de perforación pueden ser de hasta 710 mm. La rotopercusión es una técnica es de gran rapidez, muy económica, especialmente indicada para rocas duras, no necesita tuberías auxiliares durante la perforación y permite obtener una idea del caudal existente en cada momento. La principal limitación es su diámetro de perforación en los equipos más convencionales, que puede ser determinante en muchos casos. Puede ser difícil perforar a más de 350 mm de diámetro.

Un sistema muy singular de captación consiste en un gran depósito con un túnel con drenes laterales. La Mancomunidad de los Canales del Taibilla la construyó para suministro a la Nueva Desaladora del Canal de Alicante. Dado que en las proximidades de la planta existe un espacio protegido (Saladar de

Agua Amarga) catalogado como Zona Húmeda, se perforó un túnel de 1000 m de longitud paralelo a la costa y a 50 m de ésta, con 3,14 m de diámetro. En su interior se han perforado 103 drenes inclinados entre 30º y 60º de la horizontal, de 25,5 m de longitud distanciados entre sí 9,6 m, con tuberías de 130 mm de diámetro que llevan adosado un filtro en los 18 m finales [15]. El caudal surgente arrojado por cada dren es de 25-30 L/s. El túnel parte de un gran cilindro vertical de 35 m de diámetro desde donde se bombea el agua a la planta desaladora (fig. 2). La cota de la base de la cántara es -15 m y -14 m la de la base el túnel, por lo que ésta se llenará sin necesidad de bombeo en los drenes. Éstos tienen una válvula de cierre en cabecera que tendrá que ser cerrada por buzos cuando haya que hacer operaciones de mantenimiento en las instalaciones de suministro de agua de mar.

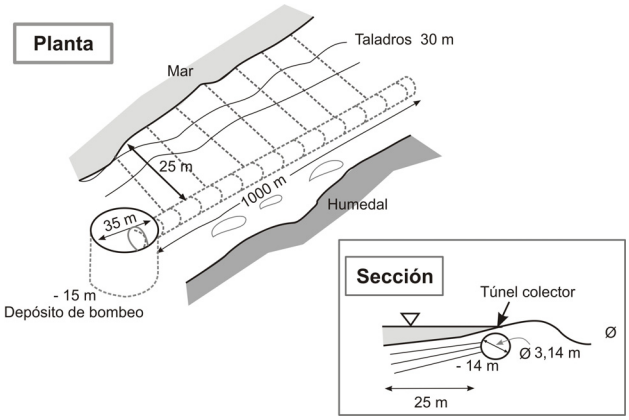


Fig. 2 Esquema de la captación para suministro de agua de mar a una planta en Alicante (España).

Toda esta tipología de captaciones requiere el diseño adecuado de la entubación y filtros, la colocación de empaques de grava y arena silícea seleccionada en las obras verticales, el posterior desarrollo y limpieza, y las pruebas de bombeo individuales y conjuntas, para evaluar adecuadamente las influencias mutuas y decidir los caudales óptimos de explotación. También es imprescindible diseñar un adecuado sistema de control y seguimiento de niveles y parámetros del agua extraída.

3.2. Dispositivos de control y seguimiento

Cuando se trata de captar grandes volúmenes de agua de mar a través de un acuífero costero, mediante pozos verticales, es muy conveniente disponer de un dispositivo de control y seguimiento de los parámetros hídricos de la formación acuífera, por la propia seguridad del esquema de aprovechamiento, así como para poder vislumbrar eventuales problemas a terceros. Este tipo de explotación crea recelos entre los usuarios del acuífero, que temen que se lesionen sus intereses si no se les garantiza que el agua procede en su totalidad del mar y que las extracciones próximas a la costa no afectarán a las captaciones existentes en el continente, ni en cantidad ni en calidad química. El sistema de auscultación y control tendrá que ser tanto más sofisticado cuanto mayor sea la complejidad hidrogeológica del área. Pensemos que los depósitos costeros presentan frecuentemente una notable heterogeneidad, debido a que nos encontramos en los límites de distintos ambientes sedimentarios (continental –aluvial, llanura de inundación, dunas litorales,...- litoral, marino...) cuya influencia relativa ha variado en el tiempo y en el espacio. Todo ello añade complejidad a la geometría de los diferentes cuerpos sedimentarios, que puede ser muy variable en distancias muy cortas.

El diseño de una red de control y seguimiento tiene que tener en cuenta el modelo conceptual del sistema en el área captada y adaptarse a sus singularidades. Si partimos del esquema más sencillo, es decir un acuífero asimilable a un medio sensiblemente homogéneo, hay que tener en cuenta que en la vertical tendremos agua dulce, agua salada y una franja de transición de espesor variable entre ambas.

El comportamiento de las tres zonas puede ser diferente, de ahí el interés de colocar sensores en cada una de ellas, previa identificación de su posición (fig. 3).

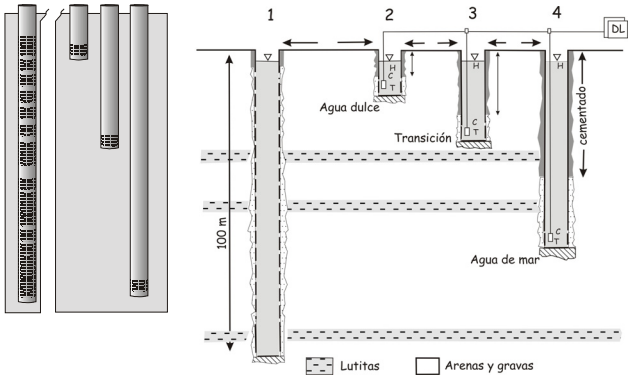


Fig. 3 Sistema de seguimiento de contacto agua dulce – agua salada.

Existen muchos esquemas posibles de colocación de los sensores en los tres niveles, aunque posiblemente el esquema más sencillo sea el de piezómetros puntuales bien individualizados, es decir ranurados justo a la profundidad a la que se quieren hacer las observaciones y aislando hidráulicamente el resto. Cabe la opción de colocar todo el esquema dentro de un único sondeo de gran diámetro, en cuyo interior irían los tres piezómetros. La realización práctica de este esquema plantea una serie de problemas al momento de garantizar la ausencia de influencias mutuas que hacen poco recomendable esta alternativa; más sencilla y práctica es la alternativa de cluster de piezómetros. Es recomendable colocar un sensor para potenciales y otros para conductividad y temperatura del agua. El registro en tiempo real informará sobre la respuesta del sistema a las extracciones y las demás afecciones externas (retorno de regadíos, infiltración de la lluvia, alimentación desde ríos...).

Es recomendable disponer de un piezómetro ranurado en toda su columna acuífera para permitir la toma de muestras sin poner en peligro el cableado que hay colocado en cada tubo piezométrico. Dicho piezómetro tiene que situarse a una distancia adecuada de los piezómetros puntuales, pues puede perturbar el entorno natural, especialmente si existen componentes verticales del flujo, ya que puede permitir intercambio hídrico entre las franjas que se pretende mantener en su estado natural. Una función importante de este piezómetro completo es la posibilidad de hacer registros verticales de conductividad y temperatura, resolutivos al momento de ubicar las diferentes franjas.

4. Conclusiones

Más de 1000 hm^3/año van a estar disponibles en muy pocos años a todo lo largo del litoral mediterráneo español. Si el proceso se hace de una manera lógica es de suponer que una cantidad sensiblemente equivalente tendría que ser "liberada" de los acuíferos costeros, lo cual tendría que traducirse por una reducción notable de los problemas de intrusión marina. Si, como parece, el turismo residencial también construye sus propias plantas y utiliza las aguas residuales generadas previamente depuradas para otros usos como son riego de jardines y calles, la situación futura de los acuíferos costeros cambiará considerablemente. Hay que tener en cuenta que en un acuífero con sondeos que suministren a plantas desaladoras es prácticamente imposible provocar intrusión marina por la barrera creada al avance del agua marina en el continente con los sondeos citados. Como siempre, las cosas no son tan sencillas, pues si aparentemente los problemas de escasez de agua en las áreas costeras estarían resueltos, con la consiguiente liberación de recursos en la propia costa, y en la continuidad hacia el

continente de los acuíferos tradicionalmente captados, la experiencia demuestra que una planta desaladora puede permanecer construida mucho tiempo sin que funcione (la de Marbella, por ejemplo) a pesar de su elevado coste de construcción, por el hecho de que la sequía haya pasado, o porque los que tienen que tomar decisiones no tienen muy claro lo de la recuperación integral de costes, o por el coste "político" de subir el precio del agua.

Si la captación es por pozos verticales, es necesario programar un adecuado sistema de control y seguimiento de la explotación, especialmente si se quiere conocer el comportamiento del sistema, en acuíferos con usuarios que tienen derechos adquiridos. Los controles deben tener en cuenta tanto los niveles del agua dulce, como el agua salada y la franja de transición. El esquema se puede complementar con registros en continuo de la conductividad eléctrica del agua, al ser el parámetro que más fácilmente identifica los procesos de mezcla agua dulce-agua salada. Todo ello se puede conseguir mediante la realización de enjambres de piezómetros.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido elaborado en el marco de los proyectos CGL2007-63450/HID financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y 017/SGTB/2007/2.1. del Ministerio de Medio Ambiente.

Referencias

[1] PNUE/PAM/PLAN BLEU. L'eau des Méditerranéens: situation et perspectives. Technical report 158, Athènes (2004).
[2] Benoit, G., Comeau, A. A sustainable future for the Mediterranean. The Blue Plan's. Earthscan, 450 pp. Londres (2005).
[3] UNIÓN EUROPEA. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de la Comunidad Europea. DO L 327 de 22/12/2000: 1-72 (2000).
[4] Mukhopadhyay, A. Prospects of artificial ground water recharge in Kuwait, In Groundwater Hydrology, Sherif, Singh and Al-Rashed eds., 77-87 (2002).
[5] MMA. Programa AGUA. www.mma.es (2005).
[6] Voutchkov, N. SWRO desalination process: on the beach seawater intakes. Filtration and Separation, 10: 24-27 (2005).
[7] Gille, D. Seawater intakes for desalination plants. Desalination, 156: 249-256 (2003).
[8] Olmo, M. y López Geta, J.A. Eds. Actualidad de las técnicas geofísicas aplicadas en Hidrogeología. ITGE-Dip. Granada. Madrid. 375 pp (2000).
[9] Himi, M. Delimitación de la intrusión marina en los acuíferos costeros por métodos geofísicos. Tesis Doctoral Univ. Barcelona. 342 pp (2000).
[10] Ogilvy, R.D., Kuras, O., Meldrum, P.I., Wilkinson, P.B., Chambers, J.E., Gisbert, J., Jorreto, S., Pulido-Bosch, A., Kemna, A., Nguyen, F., Tsourlos, P. Automated monitoring of coastal aquifers with electrical resistivity tomography. In Coastal aquifers: challenges and solutions. IGME, Madrid. I: 333-342 (2007).
[11] Pulido-Bosch, A.; Calaforra, J.M.; Vallejos, A., Sánchez Martos, F.; Gisbert, J.; Ogilvy, R.D.; Vanclooster, M.; Francés, I.; Jorreto, S.; Díaz Curiel, J.; Tilmant, A.; Van Cauwenberg, N.; Kuras, O.; y Meldrum, P.I. Water scarcity, coastal aquifers and desalination plants. International Congress Integrated Water Resource Management and Challenges of the Sustainable Development. Book of abstracts, 99. Marrakech (2006).
[12] Misstear, B., Banks, D., Clark, L. Water wells and boreholes. Wiley, 498 p. West Sussex (2006).
[13] Pulido Bosch, A., Pulido Leboeuf, P., Sánchez Martos, F., Gisbert, J., Vallejos, A. Coastal aquifers and desalinisation plants. A case study: Almeria, Spain. In: Groundwater Hydrology, Sherif, Singh & Al-Rashed eds. Balkema, 415-434 (2002).
[14] Peters, T., Pintó, D., Pintó, E. Improved seawater intake and pre-treatment system based on Neodren technology. Desalation 203: 134-149 (2007).
[15] Rodríguez Estrella, T. La captación de acuíferos para abastecimiento a plantas desaladoras. In Coastal aquifers: challenges and solutions. IGME, Madrid. I: 959-978 (2007).

Chemical treatment of olive stone for the development of new biosorbents of lead from aqueous solutions

G. Blázquez[1], M. Calero[2], M.A. Martín-Lara[3] and A. Ronda[1]

Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Granada, Avda. Fuentenueva s/n, España,
[1]gblazque@ugr.es, [2]mcalero@ugr.es, [3]marianml@ugr.es

Abstract. The objective of this work is to study the effects of different chemical treatments on the binding properties of the native olive stone. These effects were tested by potentiometric titrations and batch biosorption tests for metal removal. Acidic treatments determined an increase of active sites concentration; especially they developed negatively charged groups in the acidic pH range (carboxylic groups) and an increase of olive stone biosorbing capacity. In particular, treatment by HNO_3 increased biosorption of lead by approximately three times in comparison with native olive stone.

Keywords: Biosorption; heavy metal removal; agro-industrial wastes; wastewater.

1. Introductión.

Biosorption is an innovative technology for heavy metal removal from industrial wastewater to be used in alternative to conventional methods such as chemical precipitation, ion exchange and chelation by synthetic resins, membrane filtration, and adsorption onto activated carbon. Among biosorbing materials seaweed and agro-industrial wastes seem to be the most promising due to their low cost and large abundance in nature. Agricultural by-products are mainly made up of lignin and cellulose and are rich of different kinds of functional groups such as alcohols, aldehydes, ketones, carboxylics, phenols and ethers. These groups have the ability to bind heavy metals by forming complexes with ionic species in solution via donation of an electron pair by the functional group on the biosorbent. Nevertheless, preliminary pre-treatments of agricultural waste biosorbents are often necessary to improve the sorption capacities of these wastes.

Among agro-industrial wastes olive stone is one of the most abundant in the Mediterranean Basin. Most of the papers regarding the re-use of olive stone in the treatment of heavy metal polluted waters considered this waste as precursor for activated carbon preparation.

The objective of this work is to study the effects of different chemical treatments on the binding properties of the native olive stone. These effects were tested by potentiometric titrations and batch biosorption tests for metal removal.

2. Materials and Methods.

The biosorbent, olive stones, were supplied by the olive cake oil extraction plant "Cooperativa Nuestra Señora del Castillo" located in Vilches, province of Jaén, Spain. The stones were obtained from the separation process of the olive cake with an industrial pitting machine, with a 4mm sieve separator, which is the standard size used in this industrial process. Then, the olive stones were milled with an analytical mill (IKA MF-10) and a fraction lower than 1mm was chosen for all the tests.

The chemical modification of olive stone was performed by using 1L of 1M hydrochloric acid (HCl-OS), sulphuric acid (H_2SO_4-OS), nitric acid (HNO_3-OS) and phosphoric acid (H_3PO_4-OS) to treat 10 g of the biomass in a flask at room temperature (25 ºC). To establish complete contact between acid and biomass, olive stone and acid were mixed for 24 h. After, the biomass was repeatedly washed (to eliminate the excess of acid) with distilled water until a pH near neutral. The biomass was then dried in an oven at 40 ºC for 24 h and then stored for later use.

Lead (II) solutions were prepared by dissolving a weighed quantity of $Pb(NO_3)_2$ (Panreac Quimica SA with purity >99%) in distilled water. The pH of each solution was adjusted to the required value with HCl and NaOH solutions.

Batch biosorption test were performed by mixing 0.5 g of olive stone in 50 mL of the synthetic lead ion solution with a predetermined concentration of metal ions. These solutions were then placed in a 100 mL encased reactor connected to a thermostat-controlled bath, the pH of the solution was adjusted to 5 with 0.1 M HCl or 0.1 M NaOH solutions at constant temperature of 25 ºC. Once the operation time elapsed, the liquid phase was removed from the reactor and centrifuged for 10 min, and the supernatant lead solution was filtered and analysed by atomic absorption spectrophotometry.

3. Results and Discussion.

3.1. Batch biosorption test

First, in order to select the most effective acidic agent, lead biosorption tests were made with olive stone treated by HCl, H_2SO_4, HNO_3 and H_3PO_4. Taking into account the results obtained in a previous work [1], batch biosorption experiments were carried out at pH 5, 25 ºC, during 120 minutes and at different initial concentrations of Pb (II).

Figure 1 shows the removal of lead (%) versus initial lead concentration when HCl-OS, H_2SO_4-OS, HNO_3-OS and H_3PO_4-OS are used as biosorbents.

At low initial lead concentration (50 mg/L) olive stone treated by inorganic acids removed 100% of lead present in the solution. However, as initial lead concentration increases, there are differences in the percentage of Pb (II) removed in function of the activating agent used. Olive stone treated by HNO_3 and H_2SO_4 are the biosorbents with greater biosorption capacity, especially at an initial concentration of lead of 250 mg/L. At this concentration, the percentage of removal (%) of olive stone treated by HNO_3 and H_2SO4 is 62% and 43% respectively, while untreated olive stone showed a value close to 20% for the same initial concentration of lead, demonstrating that treatment by these acids improves lead biosorption capacity of olive stone [1]. According to these results HNO_3–OS and H_2SO_4–OS were chosen for the rest of the experiments.

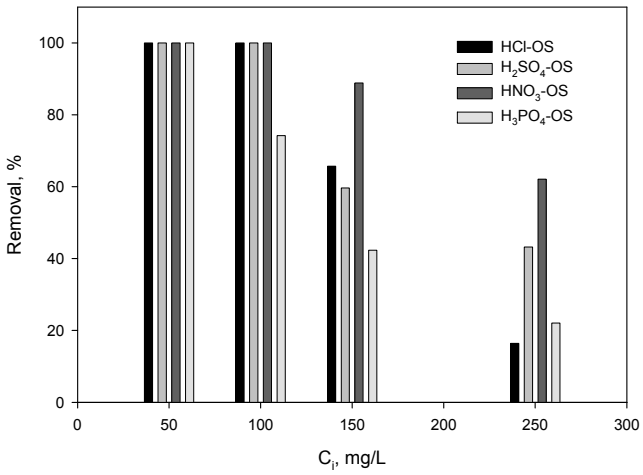


Figure 1: Removal of lead (%) versus initial concentration of lead when, HCl-OS, H_2SO_4-OS, HNO_3-OS and H_3PO_4-OS are used as biosorbents.

Then, the effect of pH on biosorption of lead by HNO_3–OS and H_2SO_4–OS was analysed. The pH is one of the most important variables in heavy metals biosorption and, especially when olive stone has been treated by inorganic acids. According to most authors, the pH can influence both ionic form of metal in solution and the state of the functional groups responsible of metal binding in the surface of the solid. At low pH, the functional groups are usually positively charged or uncharged and, at these values of pH the binding of metal cations are difficult, but as the pH of the solution increases, the functional groups can be negatively charged and adsorption of metal ions is favoured [2-4].

The experiments were conducted at an initial concentration of Pb (II) of 150 mg/L and varying the pH from 3 to 6. Higher pH values were omitted because at pH values above 6 precipitation of lead can occur as $Pb(OH)_2$ and the retention process would be really a combination of biosorption-precipitation.

Figure 2 shows the removal percentage of lead versus pH for HNO_3-OS and H_2SO_4-OS.

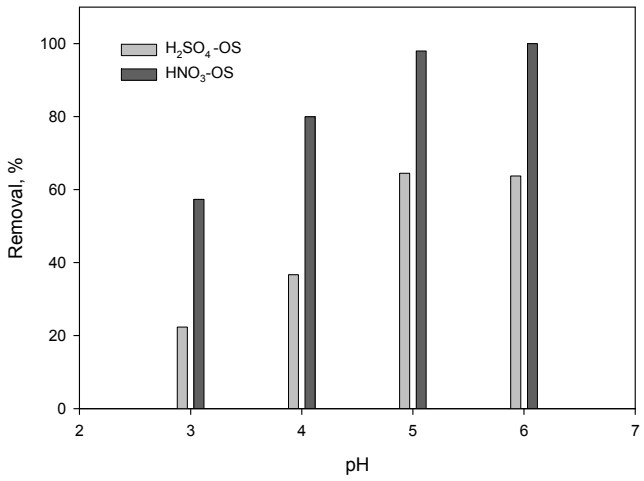


Figure 2: Removal of lead (%) versus pH when H_2SO_4-OS, and HNO_3-OS are used as biosorbents.

As the pH of the solution increases, the percentage of lead removed by olive stone treated by the two agents acids also increases, yielding a maximum at pH = 5. At this pH value, a 65% of lead is biosorbed by olive stone treated by H_2SO_4 and a percentage of removal close to 100% in reached when olive stone treated by HNO_3 is used as biosorbent. Then, as the pH rises to 6, these percentages are almost constant. Similar results were obtained for untreated olive stone. An optimum pH of 5 was selected for the biosorption of lead by this olive waste [1].

3.2. Potentiometric titrations

Titration is often used to characterize the type of functional groups and their concentrations on the biosorbent surface. To evaluate the concentration of the functional groups on biosorbent surface from potentiometric titration data, chemical models incorporating the reactions between the groups and the protons in the solution were considered as reported Martín-Lara et al. [5]. Concentration of active groups obtained to represent titration data are reported in Table 1. Concentration of carboxylic groups in untreated olive stone was reduced with respect to the olive stone treated by inorganic acids. Therefore, potentiometric titrations showed that chemical treatment developed carboxylic groups. This finding can explain the improvement in lead removal when is used chemically treated olive stone because for most of researchers, these groups are the main groups responsible for heavy metals biosorption.

On the other hand, the total concentration of carboxylic groups determined by potentiometric titrations was 0.0418; 0.1870 and 0.1250 mmol/g for untreated OS, H_2SO_4-OS and HNO_3-OS, respectively. There was a positive relationship between the number of carboxylic groups and biosorption capacity, although there was no proportionality within this relationship; this indicated that other factors may also influence the actual biosorption capacity as that at pH 5 there are yet carboxylic groups protonated and not involved in the binding to the metal ion.

Table 1: Concentration of active groups and maximun lead uptake capacity of untreated OS, H_2SO_4-OS, and HNO_3-OS.

Biosorbent	Total active groups concentration, mmol/g	Carboxylic group concentration, mmol/g	Maximum lead uptake capacity, mmol/g
Untreated OS	0.0788	0.0418	0.0309
H_2SO_4-OS	0.2908	0.1870	0.0406
HNO_3-OS	0.2198	0.1250	0.0877

4. Conclusions

Biosorption of lead onto olive stone treated by inorganic acids was investigated. Inorganic acids treatments were addressed in terms of their effects on functional group properties and lead removal. After acidic treatment, lead biosorption properties of olive stone were improved with respect to native olive stone probably due to the binding ability of new carboxylic sites. In the case of HNO_3 treatment, biosorption capacity of olive stone was significantly enhanced. This treatment also showed enhancement of titratable functional groups presented on the biosorbent surface.

Acknowledgment

The authors are grateful to the Ministerio de Ciencia e Innovación for financial support received (Project CTM2009-10294).

References.

[1] M.A. Martín Lara, "Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados", Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Granada, España, 2008.

[2] A. Saeed, M. Iqbal, M. Waheed Akhtar, "Removal and recovery of lead (II) from single and multimetal (Cd, Cu, Ni, Zn) solutions by crop milling waste (black gram husk)", Journal of Hazardous Materials, 117, 2005, pp. 65-73.

[3] R. Gong, Y. Ding, H. Liu, Q. Chen, Z. Liu, "Lead biosorption and desorption by intact and pretreated Spirulina maxima biomass", Chemosphere, 58, 2005, pp.125-130.

[4] G. Tenorio, "Caracterización de la biosorción de cromo con hueso de aceituna", Tesis Doctoral, Universidad de Granada, Granada, España, 2006.

[5] M.A. Martín-Lara, F. Pagnanelli, S. Mainelli, M. Calero, L. Toro, "Chemical treatment of olive pomace: Effect on acid-basic properties and metal biosorption capacity", Journal of Hazardous Materials, 156, 2008, pp. 448-457.

Estado de contaminación del sedimento superficial de los principales ríos del mediterráneo occidental marroquí

Djebary Z.[1*], Raissouni M. [1], El Arrim A.[1], Rodríguez-Barroso R. [2], Raissouni A.[2], Bouzid S.[3], Er-Raioui H. [3]

[1] Laboratoire LEORN. Département des Sciences de la Terre. Faculté Des Sciences Et Techniques de Tanger. Univ. Abdelmalek Essâadi. Ancienne route de l'aviation, BP. 416, Tanger, Maroc [*] djebarytahiri@gmail.com - elarrimk@yahoo.fr
[2] Dpto. Tecnologías del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz Edificio CASEM. Polígono río San Pedro s/n, 11510. Puerto Real, Cádiz. rocio.rodriguez@uca.es
[3] Equipe Géosciences et Environnement. Département des Sciences de la Terre - Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Univ. Abdelmalek Essâadi. Ancienne route de l'aviation, BP. 416, Tanger, Maroc

Abstract. The evaluation of the heavy metals concentrations in surface sediments from nine locations of two rivers investigated in north of Morocco revealed that sediment were polluted by Pb, Ni and Zn, due to important enrichment by anthropogenic sources essentially the direct discharges of industrial zone.

Keywords: metals, sediments, Morocco.

1. Introducción

Los ríos Mghogha y Martil recogen las aguas residuales e industriales sin depurar (tanto de origen doméstico como industrial) de una población de aproximadamente 800.000 habitantes.

El estudio de los metales pesados en el litoral está de un gran interés debido a su posición de interfaz (entre el continente y el mar franco) de la diversidad de los procesos que se celebran allí (de la naturaleza geológica e hidrodinámica, la physico química y biológica) y características variables en el espacio y en el tiempo.

La gravedad de la situación y la necesidad de hacer estudios de evaluación de la contaminación sobre aguas y sedimentos de estos ríos ha conducido a los estudios de los metales pesados en 9 sedimentos superficiales de los 2 ríos (5 puntos en Mghogha (SOMG#) y 4 puntos en Martil (SOMR#)), ubicados en ambos casos desde la desembocadura hacia la cabecera.

2. Metodología

Los sedimentos se tomaron en marzo de 2010, se cogieron sedimentos superficiales mediante una paleta de acero inoxidable de forma manual y se conservaron en frío hasta su llegada al laboratorio y posterior análisis para limitar las reacciones de degradación fotoquímicas y térmicas.

Se midieron los metales Cr, Cu, Pb, Ni y Zn, siguiendo la metodología recomendada por Nicolau (2005) de digestión mediante la estufa convencional usando el ácido nítrico y fluorhídrico concentrado en reactores de teflón usando 0,2 g de sedimento, para la obtención de una fracción liquida que después ha de ser filtrada para poder evaluarla, el método utilizado para la determinación de metales por ICP-AES (espectrometría de emisión atómica).

Las medidas en ICP-AES han sido hechas a la Unidad de Appuie técnica a la Investigación científica (UATRS) del CNRST (centro nacional de investigaciones científicas y técnicas a Rabat).

3. Resultados

La repartición de los metales pesados en los sedimentos de los ríos estudiados evoluciona de una forma irregular según el elemento estudiado y la zona de recogida del muestreo.

El río Mghogha presentó concentraciones mayores, en la mayoría de los metales estudiados, que las registradas en el río Martil. Los contenidos más altos registrados fueron para los metales Cu y Zn en el río Mghogha (Fig. 1), principalmente en la zona industrial, donde hay un enriquecimiento en Zn que proviene de las industrias para-químicas (pilas secas) situadas en la zona industrial de Ruta de Tetouane.

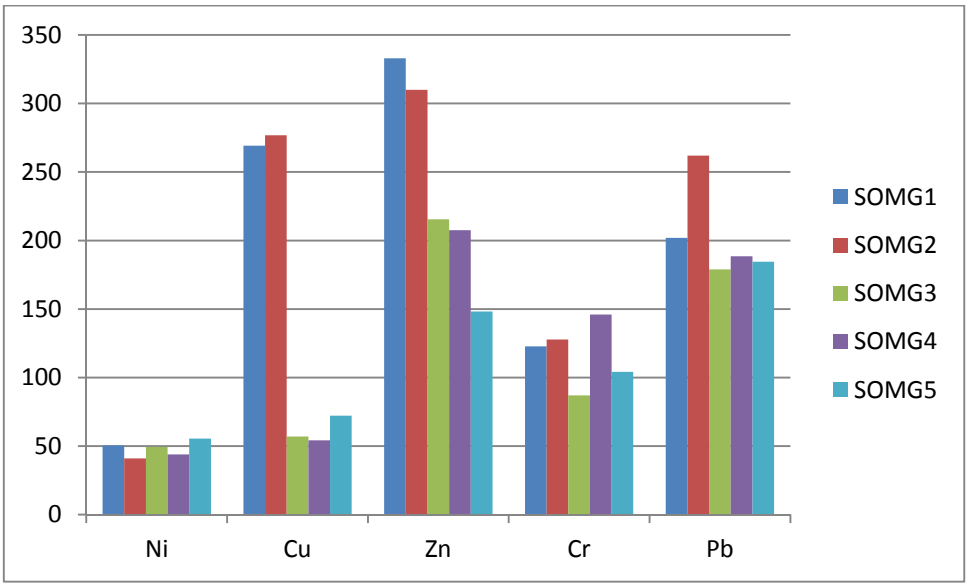


Fig.1. Distribución de metales en el sedimento del río Mghogha (mg/Kg peso seco).

También son importantes en el rio Mghogha los niveles de Cr y Ni en los sedimentos superficiales de su cuenca, pudiendo ser debido a fuentes de aporte de Cr, a partir de las industrias situadas en los bordes de su Cuenca, como las industrias metalúrgicas, de la fábrica de ladrillos, fábricas de tejido y las industrias químicas. En cuanto al Ni, las principales industrias responsables de su acumulación son las fábricas de electrodeposición, de la combustión de los fósiles situadas cerca de su cuenca. El Pb se encuentra también en cantidades considerables, que vienen de las fábricas del pasto, de las curtidurías, tenerías y de las tintorerías, otros estudios demostraron la misma repartición de estos elementos en el mismo rio. (Hatimi 2003, Blinda et al., 2007).

En el caso del rio Martil, la repartición de los cinco elementos metálicos es diferente al caso anterior (Fig. 2), en este rio se observó un dominio en Pb y Zn, con la excepción de la estación OMR3 que presentó un aumento de concentración del Ni directamente en la salida de los efluentes de la zona industrial de Kouilma, y también de la estación OMR2 con una elevación del porcentaje del Cu indicando una fuente posible de contaminación en este punto.

Las concentraciones registradas de Pb estuvieron muy cerca de las encontradas en el rio Mghogha. En cuanto al Zn las concentraciones importantes se localizaron generalmente en las estaciones situadas en Tétouane con una diminución importante en la desembocadura. Estos niveles de Zn pueden ser debidos a las industrias situadas cerca de las estaciones, así como a fenómenos de la lixiviación del vertedero público en las inmediaciones del río, o el mismo tráfico en la zona.

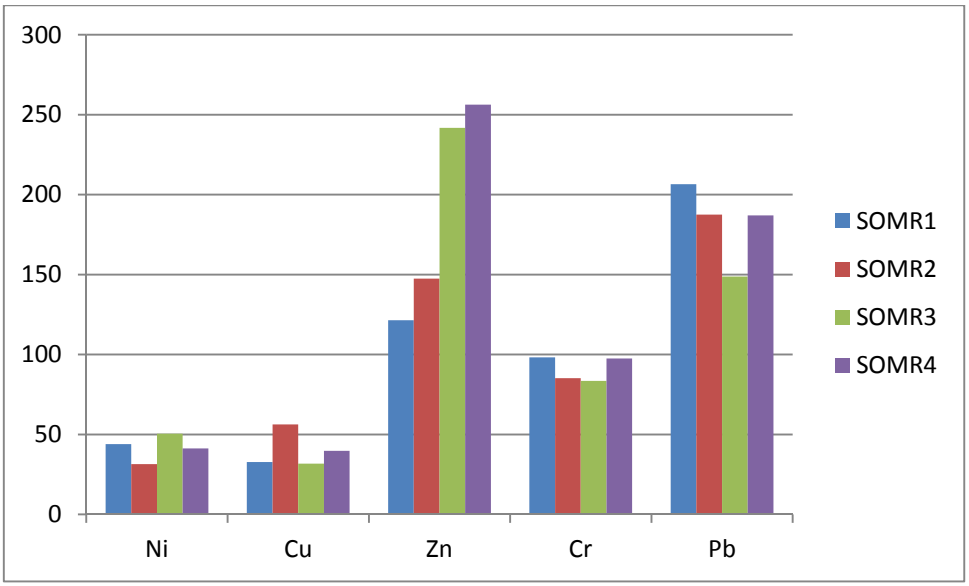


Fig.2. Distribución de metales en el sedimento del río Martil (mg/Kg peso seco)**.**

3.1. Comparación metálica de los contenidos en elementos de la zona de estudio con la Norma canadienses de metales pesados (Boust 1981)

RPQS: recomendación provisional para la calidad de los sedimentos.

CEPA: concentración que produce un efecto probable.

Compartimiento / metal pesados (µg / por kg)	**Canadá sedimento Agua dulce**		**Mghogha**	**Martil**
	RPQS	CEP		
Plomb	35000	91300	203200	182400
Zinc	123000	315000	242900	191000
Cuivre	35700	197000	145900	40100
Nickel	-	-	48100	41800
Chrome	37300	90000	117600	91100

Comparando las medias en contenidos metálicos del elemento Pb, Zn, Cu, Cr, con los contenidos en los sedimentos cenagosos del estuario del Sena y sus accesos (Boust, 1981) considerados como valores normales . Los valores encontrados particularmente para los casos de Martil y Mghogha, sobrepasan de lejos las normas establecidas provisionalmente para la calidad de los sedimentos, En cambio, las concentraciones en algunos contaminantes en los sedimentos como Pb, Ni y Cr mostraron a priori que podrían provocar un efecto probable sobre el entorno.

El estudio realizado ha podido meter en evidencia la presencia de metales pesados tóxicos que demuestran una contaminación significativa en la zona de estudió, por ello la necesidad de implantar un sistema de evaluación de la contaminación es imprescindible y tiene que ser adoptado por las autoridades locales, varias propuestas pueden ayudar a limitar esa contaminación, entre otras citamos:

- Un pre tratamiento de los residuos industriales antes de la evacuación.
- Implantar depuradoras para el tratamiento de los residuos urbanos.
- Imponer leyes de evaluación de contaminación para asegurar una gestión integrada y sostenible.
- Las empresas industriales y artesanales deben realizar inversiones relativas al sistema de descontaminación o de economía de recursos e introducir la dimensión medioambiental en sus actividades para hacer frente al marco regulatorio.
- Las provincias costeras deben ser dotadas de estrategias basadas en planes de acción específicos (Planes de ordenación) que tratan esquemas antipolución: rehabilitación de las redes de saneamiento, colocación de depuradoras.

Referencias

BLINDA, M. (2007) - Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan: Caractérisation, Impact sur l'Environnement et Proposition de Solutions. *Thèse de doctorat*, Université MOHAMMED V, Fac. Sci de Rabat, Maroc, 194 p.

BOUST, D. (1981) - Métaux traces dans l'estuaire de la seine et ses abords. *Thèse de 3ème Cycle,* Université de Caen, France, 187 p.

EL HATIMI, I. (2003) - Apports solides et liquides des émissaires et canalisation dans la baie de Tanger : pollution et conséquences socio-économique. *Thèse de doctorat*, Université Abdelmalek Essâadi, Fac. Sci. Tech de Tanger, Maroc, 218 p.

NICOLAU, R. (2005) - Caractérisation et quantification des transferts dus aux petites rivières côtières méditerranéennes. *Thèse de doctorat,* Université Sud Toulon Var, France, 198 p.

Modélisation du risque de pollution des eaux souterraines par des activités industrielles dans la plaine alluviale de la Meuse (Liège, Belgique)

I, Chkara [1], F, Dollé [2], P, Jamin [2], P, Orban [2], S, Brouyère [2] et K, El Morabiti [1]

[1] Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaadi, B.P. 2121 Tétouan, Maroc
[2] Département ArGEnCo, Université de Liège, Sart Tilman B52 4000 Liège 1, Belgique

Abstract. The studied area is located on the left bank of the Meuse, about 6 km upstream the town of Liege (Belgium). It covers a surface of approximately 6 km². It lies within the Meuse watershed, hosted in erodible deposits, extends from Ivoz Ramet dam to Jemeppe 5 km downstream.. This work aims to develop a methodology for the assessment of the risk of the contaminants caused by the industrial activities on groundwater in the alluvial plain of the Meuse. This methodology is especially based on the modeling of the underground flows in order to calculate the flows of water and pollutants penetrating in the aquifer. The final objective consists in the development of a ground digital model in order to obtain charts of indicator of the system for groundwater quality evaluation (SEQ-ESO) which will serve for obtaining the total index and knowing the rate of degradation of the mass of the groundwater. All these aspects allow us to evaluate the impact of the industrial activities on quality of the groundwater.

Keywords: modeling, groundwater, industrial activities.

1. Introduction.

Le modèle numérique est un outil qui permet de simplifier un système complexe. C'est un élément indispensable pour guider l'interprétation et une méthode efficace pour les problèmes de pollution. Le présent travail s'inscrit dans le cadre du projet FRAC-WECO (Impact de contaminants sur les ressources en eau et les écosystèmes : Evaluation du risque par une approche basée sur les flux). Ce projet vise à développer une méthodologie qui permettra d'une part, d'évaluer le risque posé par des ressources en eau contaminées, d'autre part, de modéliser les écoulements souterrains pour calculer les flux d'eau et de polluants et enfin d'appliquer ces approches sur la plaine alluviale de la Meuse. Dans ce travail, nous nous intéressons aux différents aspects de la contamination du point de vue de la modélisation. Nous étudierons les sources de contamination de l'eau souterraine et l'impact des industries sur sa qualité. Nous aborderons ensuite les différents types de transport de polluants qui en résulte.

2. Présentation du projet FRAC-WECO.

Le projet FRAC-WECO vise à développer une méthodologie intégrée, contribuant à une évaluation du risque pour les ressources en eau et les écosystèmes aquatiques, posé par des sites contaminés, sur la base d'une combinaison de l'approche « Source – Cheminement – Récepteur » utilisée pour conceptualiser le système « physique » en jeu et du concept DPSIR (« Conducteurs » - « Pressions » - « État » - « Impacts » et « Réponses »), proposée par l'Agence Européenne pour l'Environnement en vue d'intégrer les volets « processus physiques » et l'analyse socio-économique dans un schéma décisionnel efficace en terme d'analyse et de quantification du risque. L'outil régional d'évaluation des risques est structuré auteur d'une géodatabase, organisée selon le schéma de Source - Cheminement – Récepteur. Elle a été développée sous MS Access pour stocker et contrôler toute l'information dans l'espace, indispensable pour l'évaluation des risques à l'échelle régionale. Un outil d'activité-matrix a été également incorporé pour fournir une liste de polluants potentiellement libérés par des activités industrielles. 75 contaminants sont inclus avec leurs propriétés physiques et chimiques (solubilité, Koc,…).

Dans la masse d'eaux souterraines, les diverses sources possibles de pollution sont identifiées et géoréférencé dans la base de données. Pour chacune des sources de contaminant choisies, un modèle de lixivier-dispersion est appliqué afin de calculer la dispersion des contaminants dans la couche de l'aquifère, utilisant un modèle numérique d'écoulement et de transport des eaux souterraines (fig. 1a). La répétition du même procédé pour toutes les sources identifiées des contaminants, fournit une carte des plumes de contaminants (fig. 1b). Les plumes produites sont classifiées selon la qualité des eaux souterraines, utilisant le Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux Souterraines (SEQ-ESO) utilisé dans la région wallonne "C. Rentier et al, 2006 [1]" donnant une image globale de l'état de qualité des eaux souterraines (fig. 1c). L'index est un nombre sans dimensions allant de 100 (haute qualité) à 0 (dégradé) agrégeant les différents contaminants et leurs valeurs- seuil respectives. En conclusion, un index global de qualité (Iglobal) est calculé pour le corps d'eaux souterraines à chaque pas de temps (fig. 1d) "S. Brouyère et al, 2010 [2]".

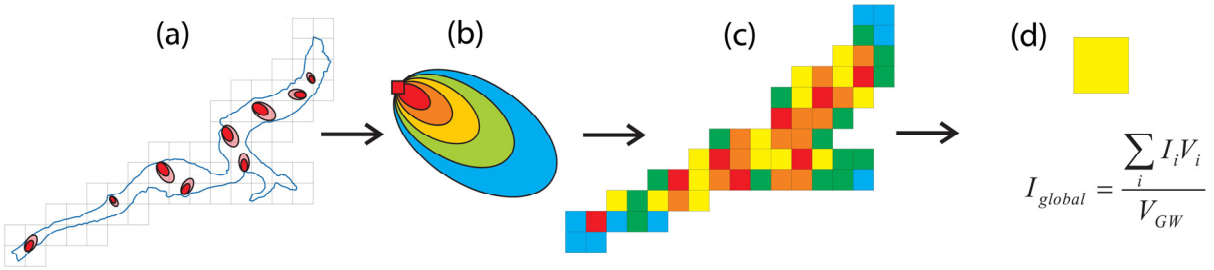


Fig. 1 Méthodologie d'évaluation des risques régionale pour les eaux souterraines.

3. Elaboration des modèles synthétiques.

Des modèles synthétiques d'écoulement d'eaux souterraines et de transport ont été développés (fig. 2a), représentant une couche aquifère avec un flux nul comme conditions limites latérales, excepté une

condition de frontière, à l'est, qui a été identifiée comme condition de rivière, dans l'objectif de modéliser la pollution d'une couche aquifère alluviale par un contaminant dont les propriétés physico-chimiques sont proches de celle du Benzène, et ce, pour voir s'il y a un changement de l'index globale de qualité au fur et à mesure de la modification de la taille des mailles (1m, 5m et 20m), le type de dispersion longitudinal (DL1, DL5 et DL20) et les méthodes d'advection (Méthode des Caractéristiques (MOC), Méthode des Caractéristiques Modifiée (MMOC) et Méthode Hybride des Caractéristiques (HMOC)). La figure. 2b montre des cartes de panache de dispersion d'un polluant après qu'une année puis vingt ans et l'évolution de l'index global de qualité selon SEQ-ESO "I. Chkara, 2010 [3]".

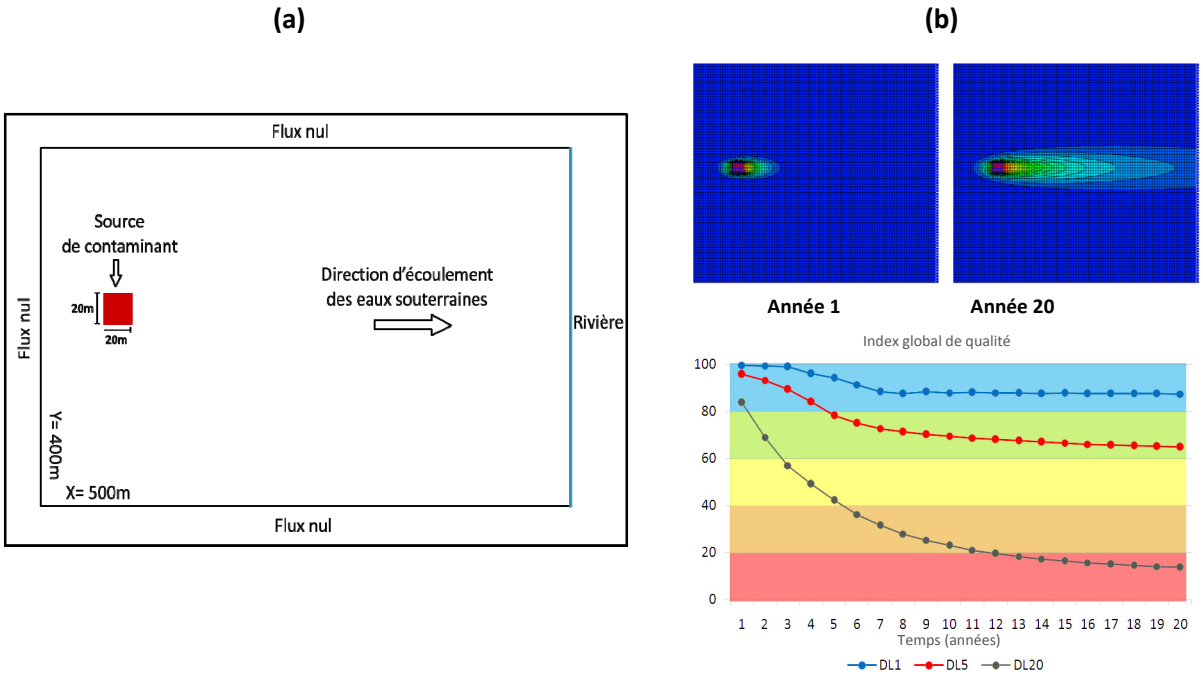


Fig. 2 Illustration des modèles synthétiques.

4. Application de la méthodologie d'évaluation des risques à l'échelle d'un mégasite.

Le secteur étudié se localise au niveau de Flémalle, sur la rive gauche de la Meuse, à environ 6 kms au sud de la ville de Liège (Belgique) (Fig. 3a). Il couvre une superficie d'environ 6 km², sur le bassin versant de la Meuse, encaissée dans les dépôts meubles. Il s'étend du pont barrage d'Ivoz-Ramet jusqu'au niveau de l'entité de Jemeppe. Des simulations d'écoulement et de transport d'eaux souterraines sont effectuées en utilisant MODFLOW et MT3DMS "C. Zheng et P.P. Wang, 1998 [4]" sur une période de un à vingt ans.

Le mégasite est définit comme un site pollué de grande étendue (taille variant entre 5 et 500 km²). Il réunie de multiples sources de pollutions liées aux activités industrielles (passées). Différents types de polluants peuvent être présents. Ces sources ont un impact sur l'environnement et une réhabilitation totale à moyen terme (environ 25 ans) des eaux et sols impactés n'est souvent pas réalisable pour des raisons techniques ou économiques. Ainsi, ces sites sont des sources régionales de pollution pour les eaux de surface et souterraines. Des risques sanitaires, écologiques et de pollution diffuse peuvent s'en suivre "H. Rijnaarts, 2004 [5]".

4.1. Modélisation de l'écoulement.

Le modèle d'écoulement d'eaux souterraines a été développé avec un maillage en une seule couche, de manière à obtenir un modèle représentatif, mais ayant un nombre d'éléments limité pour que le modèle ne soit pas trop lourd et que les simulations d'écoulement puissent se faire rapidement. La limite latérale du modèle, au nord-est, se localise à environ 6 Km de la ville de Liège et se termine de manière assez arbitraire, aucun élément ne permettant de définir cette limite de manière objective et naturelle (condition limite : Hauteur piézométrique imposée); vers le sud-ouest, le modèle s'étend jusqu'à 460 m au sud du pont barrage d'Ivoz Ramet (condition limite : Hauteur piézométrique imposée) où une différence d'amont-aval de ±4 m, induit un contournement des eaux par la plaine alluviale au niveau du barrage. Le long de la Meuse, une condition limite de type rivière a été définie; enfin, la limite nord-ouest (condition limite : flux nul) est imposée par la présence de schistes, considérés comme des formations imperméables (Fig. 3b).

Le domaine modélisé a été discrétisé avec un maillage subdivisé en 240 colonnes et 850 lignes, celles-ci étant globalement parallèles à la Meuse avec une rotation de 40°. La dimension des mailles est 5m x 5m dans tout le modèle, avec un nombre total de 204000 cellules (102310 actives et 101690 inactives) (Fig. 3c). Suivant la verticale, le modèle est limité à une seule couche représentée par des dépôts alluviaux. Le modèle d'écoulement est calibré ont utilisant des mesures d'hauteur piézométrique disponibles dans le secteur.

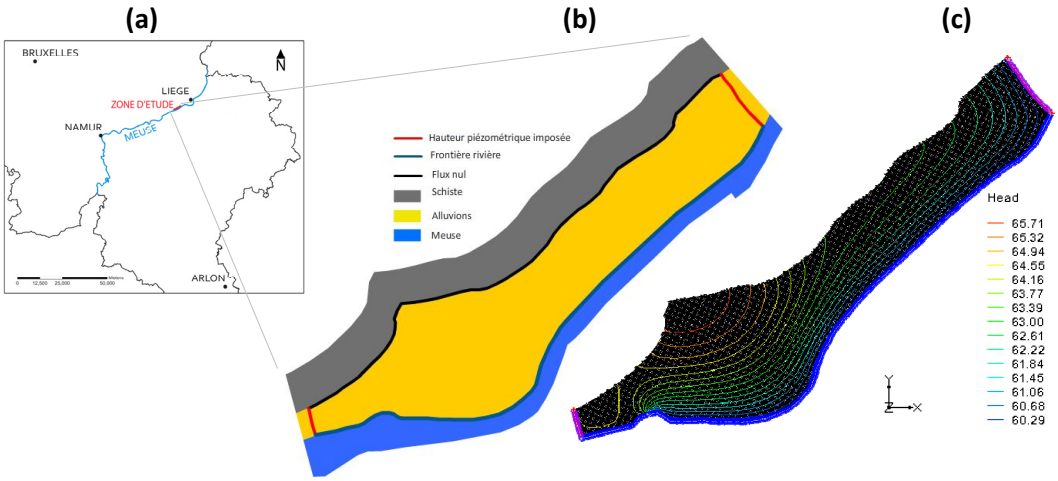


Fig. 3 a : localisation de la zone d'étude, b : condition aux imites et paramétrage du modèle et c : représentation des hauteurs piézométriques (m).

4.2. Modélisation du transport.

Les paramètres de transport mentionnés dans le tableau 1, ont été appliqués pour avoir un scénario de dispersion du Benzène, le Benzo[a]pyrène et le Trichloréthylène (TCE), pour une période de 1 à 20 ans (pas de temps).

La dispersion vers la Meuse des sources potentielles de Benzène, de Benzo[a]pyrène et de TCE ont été modélisées par le code MT3DMS, avec une concentration de 1000 mg /m³. Un scénario du pire cas est modélisé, en supposant que toutes les sources potentielles des trois contaminants sont en activité.

Les paramètres de transport qui ont été utilisé, sont basés sur des expériences réalisées dans l'aquifère alluvial de la Meuse "J. Batlle-Aguilar et al 2009 [6]". On a appliqué des scénarios de dispersion seulement pour le Benzène, Benzo[a]pyrène et TCE, parce que ce sont les plus mobiles et les plus représentatifs dans le site étudié.

Table 1: Paramètres utilisés pour réaliser le modèle de transport.

	Om	**Oim**	**n**	**αL**	**αT**	**Koc**	**foc**	**ρb**	**λB**
Benzène						6.10^{-8}			3.10^{-7}
Benzo (a) pyrène	0.05	0.1	0.15	5	0.1xαL	$5{,}07.10^{-3}$	0.001	2000	$2.3.10^{-8}$
Trichloréthylène						$1.11.10^{-7}$			10^{-9}

Om : Porosité efficace, Oim : Porosité immobile, n : Porosité totale, αL : Dispersion longitudinal (m), αT : Dispersion transversal (m), Koc : Coefficient de partitionnement Eau/matière organique (m^3/kg), foc : % de la matière organique, ρb : Densité apparente sèche (kg/m^3), λB : Dégradation (s^{-1}).

4.3. Cartographie des indices SEQ-ESO.

Les plumes de dispersion de Benzène sont classées selon la qualité des eaux souterraines, utilisant le système d'évaluation SEQESO, appliqué dans la région wallonne "Référence [1] Rentier et al, 2006", qui nous donne des cartes globales de la qualité de la ressource en eau souterraine. La figure. 4a montre la classification des plumes de dispersion de Benzène selon l'indicateur SEQ-ESO après une année puis vingt ans.

Une industrie peut produire en même temps du Benzène, du Benzo[a]pyrène et du TCE, ce qui induit une dégradation accrue de la masse d'eau. La figure. 4b montre l'évolution de l'index global de qualité qui joint l'effet de ces trois polluants sur la dégradation de la nappe alluviale. Plus les polluants se dispersent à travers l'aquifère et plus la dégradation augmente.

5. Conclusions.

La modélisation des ressources en eau souterraine est devenue indispensable, du fait que les phénomènes qui s'y déroulent ne sont pas observables. Les modèles numériques, fournissent une méthode intégrant les informations disponibles qui doivent être calibrées entre les mesures observées et les résultats calculés. Cette calibration doit s'accompagner d'un solide bagage géologique et hydrogéologique. Les résultats fournis par les modèles hydrogéologiques, restent une approximation de la réalité, mais ils constituent des informations très utiles à la gestion des nappes. Le présent travail a permis d'élaborer un modèle numérique de terrain et ainsi obtenir des cartes d'indicateur SEQESO, pour déterminer l'indice global et le taux de dégradation de la masse d'eau souterraine

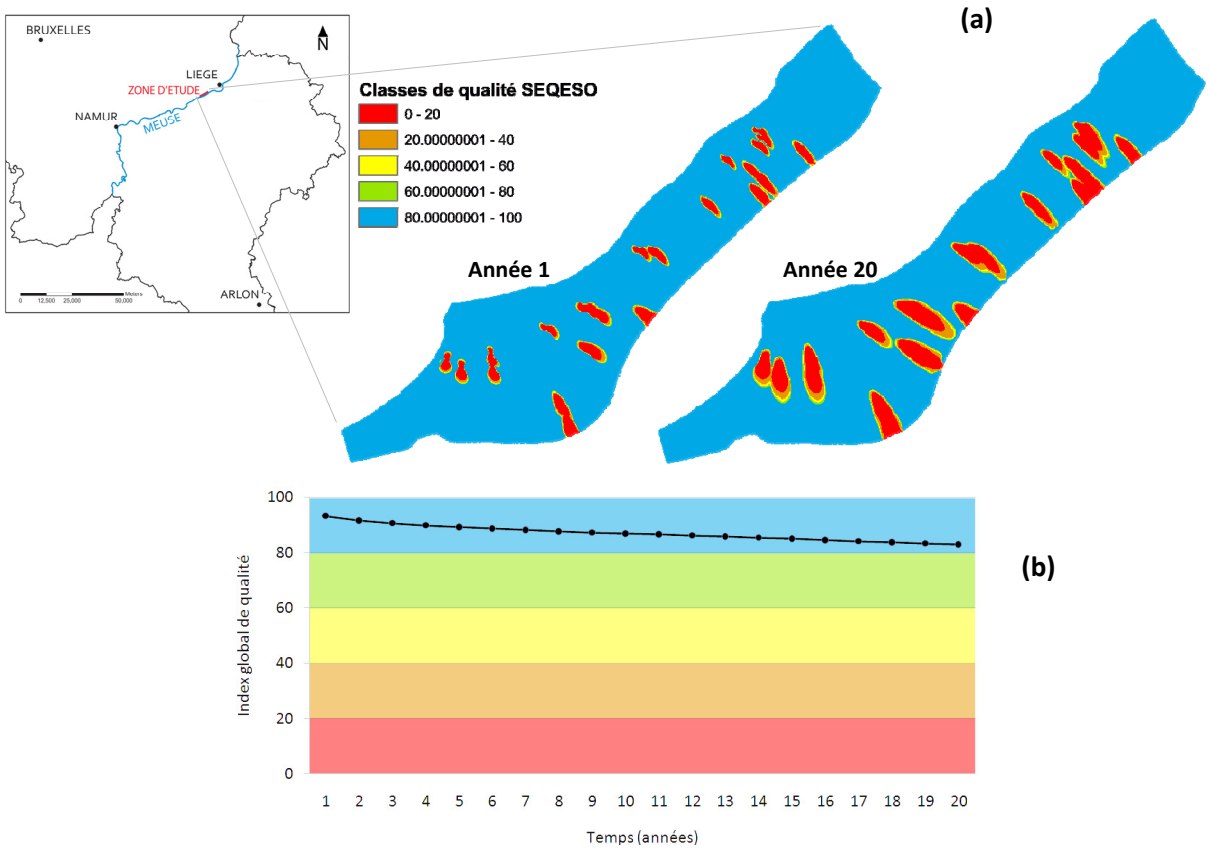


Fig. 4 (a) Classification des plumes de dispersion des contaminants selon SEQ-ESO,
(b) Evolution de l'index globale de qualité.

.

D'après les résultats obtenus, la zone d'étude n'est pas trop dégradée. Néanmoins, dans 20 ans, la dégradation pourrait augmenter si on considère que les sources de contaminants sont toujours actives. Les cartes d'indicateur SEQ-ESO sont utilisées comme base pour l'emplacement de futurs projets de développement de la région, afin de minimiser l'impact négatif des futurs aménagements sur les ressources en eau. Ces cartes constituent un document d'aide à la prise de décision pour l'aménagement du territoire et permet de guider les organismes de réglementation afin d'assurer une gestion globale de l'ensemble de la ressource en eau.

Acknowledgements

Mes plus sincères pensées et mes plus vifs remerciements vont tout d'abord à Monsieur Serge BROUYERE, assistant au sein de l'unité de recherche Hydrogéologie et de Géologie de l'Environnement, chercheur qualifié et chargé de cours adjoint à la Faculté des Sciences Appliquées à l'Université de Liège (Belgique) et Monsieur Karim El MORABITI, professeur au Département de Géologie à la Faculté des Sciences à l'Université Abdelmalek Essaâdi de Tétouan (Maroc), pour l'honneur et la confiance qu'ils m'ont accordé en acceptant d'être les tuteurs de ce travail, pour leurs conseils avisés et leurs remarques précieuses. J'aimerais remercier aussi Monsieur Fabien DOLLE et

Monsieur Pierre JANIN, pour leurs conseils et le temps qu'ils m'ont consacré. Je remercie également Monsieur Philippe ORBAN pour sa collaboration à mon travail tout au long de mon séjour.

References

[1] C. Rentier, F. Delloye, S. Brouyère & A. Dassargues, "A Framework for an optimised groundwater monitoring network and aggregated indicators", Environmental Geology, 2006, pages (pp.194-201).

[2] S. Brouyère, P. Janin, F. Dolle, B. Chisala, PH. Orban, I.-C. Popescu, C. Hérivaux & A. Dassargues, "A regional flux-based risk assessment approach of contaminated sites on groundwater bodies", proc.7th International Groundwater Quality Conference held in Zurich, Switzerland, 2010, pages (pp. 50-53).

[3] I. Chkara, "Evaluation régionale du risque de pollution des eaux souterraines par des activités industrielles", Mémoire Master-Université Abdelmalek Essaadi-Tétouan, 2010, pages (pp. 26-29).

[4] C. Zheng & P.P. Wang, "MT3DMS: A Modular Multi-Species Three-Dimensional Transport Model", Documentation and User's Guide-Technical Publication-U.S. Army Corps of Engineers Waterway Experiment Station, 1998, pages (p. 239).

[5] H. Rijnaarts, "WELCOME - Development of integrated management system for prevention and reduction: The interaction between field and lab investigations, modeling and the managing of megasites from the perspective of the end-users", 2004.

[6] J. Batlle-Aguilar, S. Brouyère, A. Dassargues, B. Morasch, D. Hunkeler, L. Diels, K. Vanbroekhoven & P. Seuntjens, "Benzene dispersion and natural attenuation in an alluvial aquifer with strong interactions with surface water", Journal of Hydrology, 2009, doi: 10.1016/j.jhydrol.2009.02.014.

Conception d'un réseau de suivi piézomètrique de la nappe du Haouz dans un périmètre irrigué à l'Ouest de la Ville de Marrakech

Abdelhak Sbai
Ormva Du Haouz, BP 2411 Av Hassan II Marrakech, Maroc,
sbai_abdelhak@yahoo.fr

Abstract. This paper aims to contribute to assess spatial and temporal variability of ground water in N'fis perimeter, made about 46 000 Ha West side of the city of Marrakesh, the study performed leads to define an optimized network of piezometers which constitutes a tool for best management and sustainable use of ground water in this area.

Key words: Ground water, piezometers, monitoring, GIS

1. Introduction.

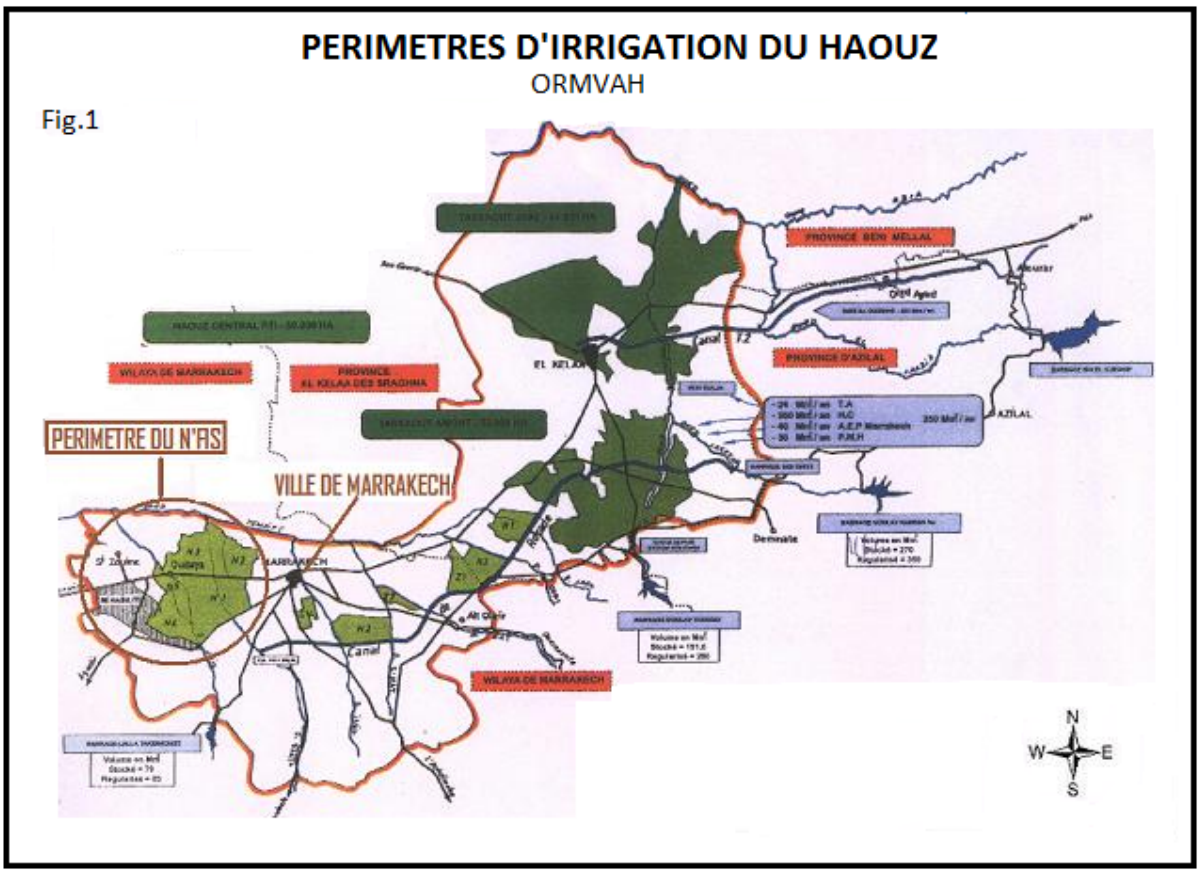
Le périmètre du N'fis d'environ 46000 Ha situé à l'Ouest de la Ville de Marrakech connaît des difficultés de disponibilité des ressources en eau souterraines et ce en raison des conditions climatiques arides et des périodes de sécheresse fréquentes que connaît la région de Marrakech.
L'eau souterraine dans cette zone, outre la pression quelle subit de la part de la demande d'alimentation en eau potable, touristique et industrielle contribue d'une manière significative à l'amélioration des dotations destinées à l'agriculture surtout dans un contexte de raréfaction des eaux de surface.
L'utilisation intensive des ressources souterraines par le recours aux pompages et forages couplé à la baisse de la recharge par manque de précipitations pluviométriques contribuent au rabaissement du niveau de l'aquifère et compromet son utilisation à long terme.
Pour une exploitation durable de ces ressources, leur connaissance adéquate s'avère nécessaire, c'est dans ce contexte que s'insère la présente contribution relative à la conception d'un réseau optimisé de suivi piézométrique de la nappe du Haouz dans le périmètre du N'fis, ce qui permettra de dresser à intervalles de temps réguliers des cartes des niveaux piézométriques de cet aquifère dans le but d'une gestion et une planification adéquate des ressources en eau souterraines.

2. Controle piezometrique de la nappe du haouz dans le perimetre du n'fis

2.1 Principales caractéristiques du périmètre du N'fis.

Le périmètre du N'fis est situé à l'extrême ouest du Haouz central, il est limité à l'est par la ville de Marrakech à l'Ouest par les collines des M'zoudias, au sud et au sud-est par le piedmont du Haut

Atlas, au nord par l'Oued Tensift qui représente le collecteur naturel des oueds atlasiques du Haouz central. Il s'étend de part et d'autre de l'Oued N'fis qui est un affluent de l'Oued Tensift. (cf. plan de situation en Fig.1 ci-dessous) :

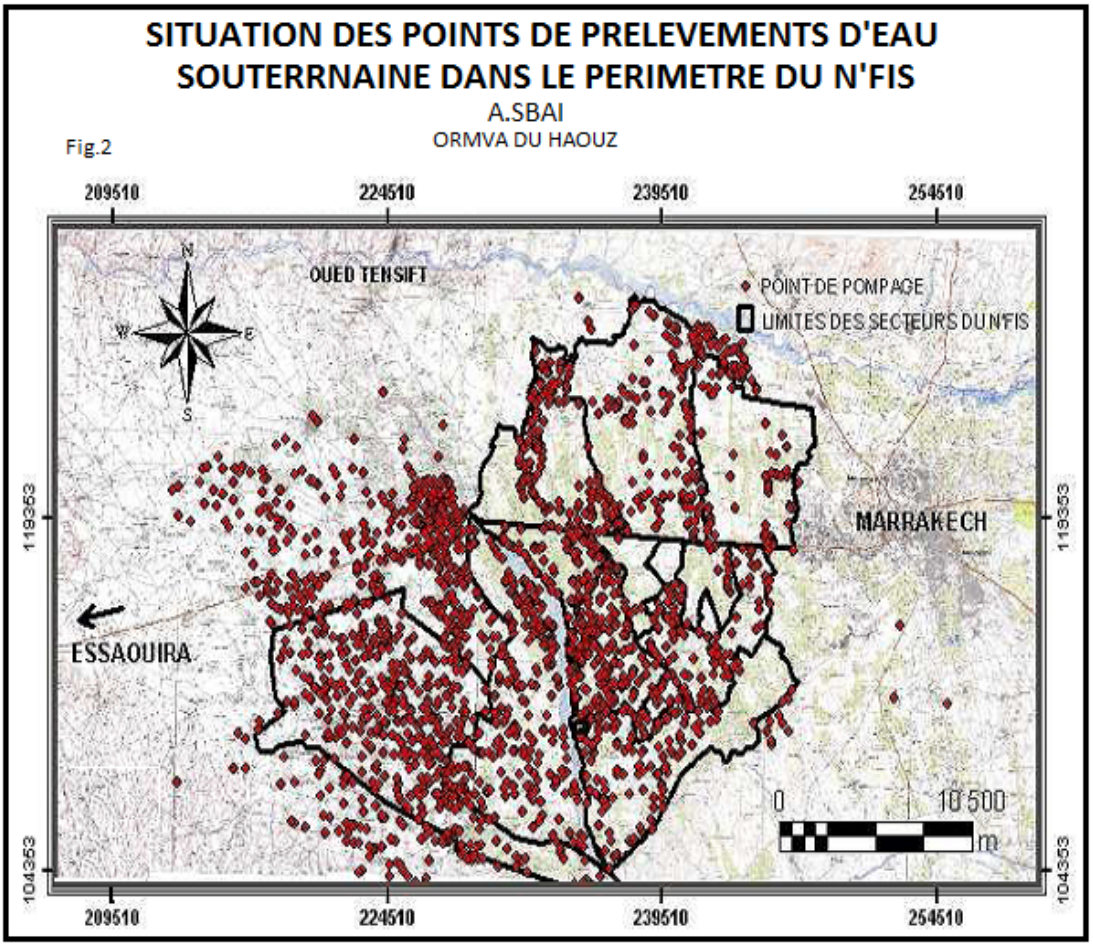


Le climat du périmètre est de type continental, situé entre la zone aride et semi-aride avec une grande variabilité inter annuelle.
La température moyenne est élevée, avec des écarts journaliers et mensuels importants.
Les pluies sont faibles et très variables. Leur répartition est caractérisée par une saison pluvieuse d'hiver (Octobre – Mai) et une période sèche en été.
La pluviométrie moyenne annuelle ne dépasse pas 240 mm.
La température moyenne minimale est de 4° (Janvier), la température moyenne maximale est de 37° et la température moyenne annuelle est de 20°.
L'évaporation est assez élevée et avoisine les 2477 mm/an.
La zone de Marrakech subit le « Chergui » (vent chaud et sec provenant de l'Est) et le « Sirocco » (vent chaud et sec également venant du Sud Ouest) et cela en moyenne pendant une quarantaine de jours par an.
Le périmètre du N'fis a fait l'objet dans les années 80 d'importants d'aménagements hydro agricoles réalisés par l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz qui est un organisme public doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime du Maroc.
Le périmètre du N'fis est alimenté à partir des ressources d'eau de surface constituées du Barrage Lalla Takerkoust pour un volume annuel régularisé en année normale de 82 Millions de m3 et du Complexe

Hassan 1er Sidi Driss sur l'oued Lakhdar à travers le Canal de Rocade avec un volume annuel en année normale de 106 Millions de m3.

Le réseau d'irrigation est composé d'un réseau de conduites sous pression réalisé dans le cadre de l'aménagement de la PTI (Première tranche d'irrigation) du Haouz central.
Il est constitué de sous réseaux d'alimentation par les conduites principales et du réseau de distribution proprement dit constitué de conduites sous pression adaptables à divers procédés d'irrigation (Aspersion, localisé, gravitaire …).Il s'agit d'une pression naturelle (gratuite) résultant d'une différence de niveau entre l'origine de la ressource et son utilisation.
Parallèlement a ça il existe dans le N'fis un réseau traditionnel d'irrigation composé de séguias ou mesrefs (canaux d'irrigation en terre) alimenté essentiellement à partir du barrage Lalla Takerkoust.
Les eaux souterraines constituent un supplément d'eau appréciable à l'alimentation en eau du périmètre.

2.2. Multiplicité des points de prélèvement d'eau par pompage.
Les prélèvements d'eau souterraine opérés dans le périmètre du N'fis sont effectués à partir de la nappe du Haouz (dans sa partie Ouest) qui constitue le réservoir d'eau souterraine le plus important du bassin du Haouz avec une superficie avoisinant les 6000 Km2,
Dans le périmètre du N'fis, les données d'autorisations de pompage délivrées par l'ORMVA du Haouz "voir [1]", ainsi que les données résultant de l'enquête effectuée par l'Agence du bassin Hydraulique du Tensift en 2002 "voir [2]" nous ont permis dans une première étape de dresser la carte de points de prélèvements d'eau souterraine suivante (Fig.2) :

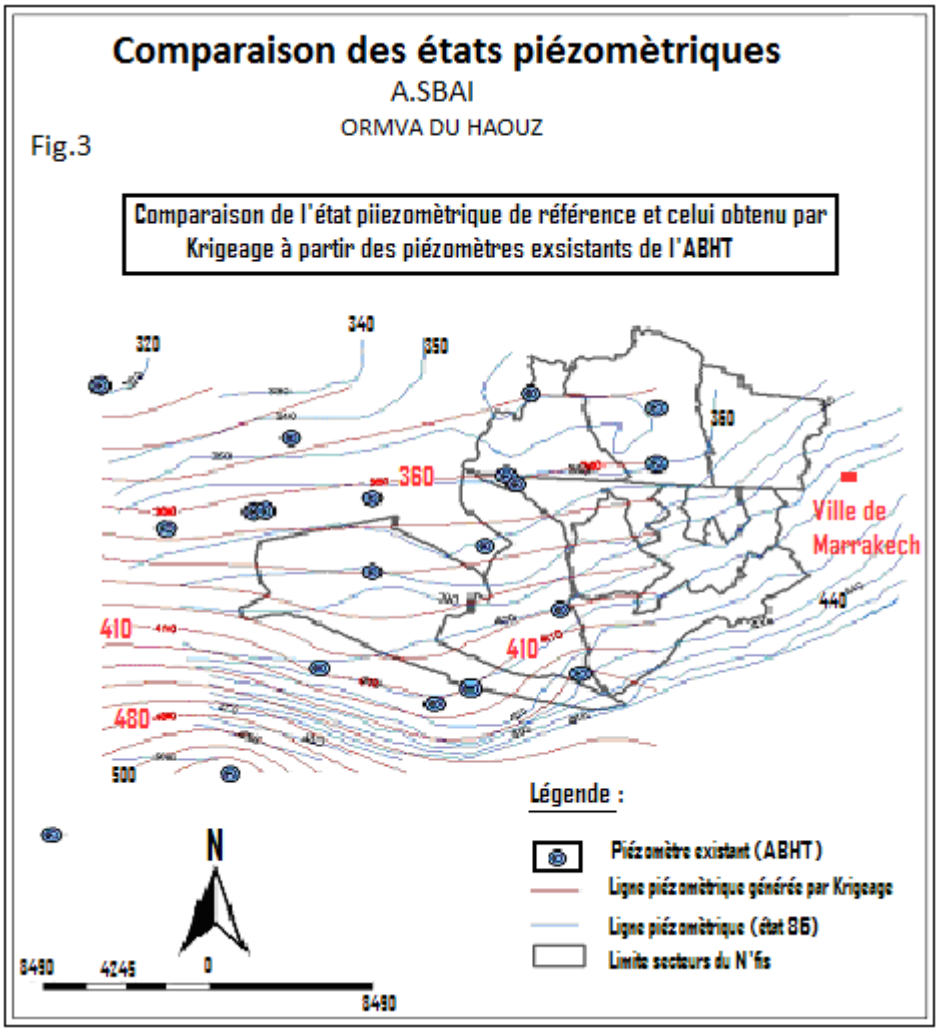


La multiplicité des points de pompage est à l'origine de prélèvements intenses en eau souterraine dans le périmètre du N'fis et sont à l'origine de la baisse des niveaux piézométriques de la nappe, d'où la nécessité de contrôler les niveaux de la nappe.

2.3. *Réseau de piézomètres de contrôle existant dans le N'fis.*

Le contrôle du niveau piézométrique de la nappe phréatique dans le N'fis est assuré par les services de l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift par le biais d'une vingtaine de piézomètres répartis d'une manière inégale.

A partir du réseau de piézomètres existants, l'état piézométrique ci-après (Fig.3) a été généré par Krigeage (utilisation de la géostatistique), "ce problème a également été traité en [3] " :

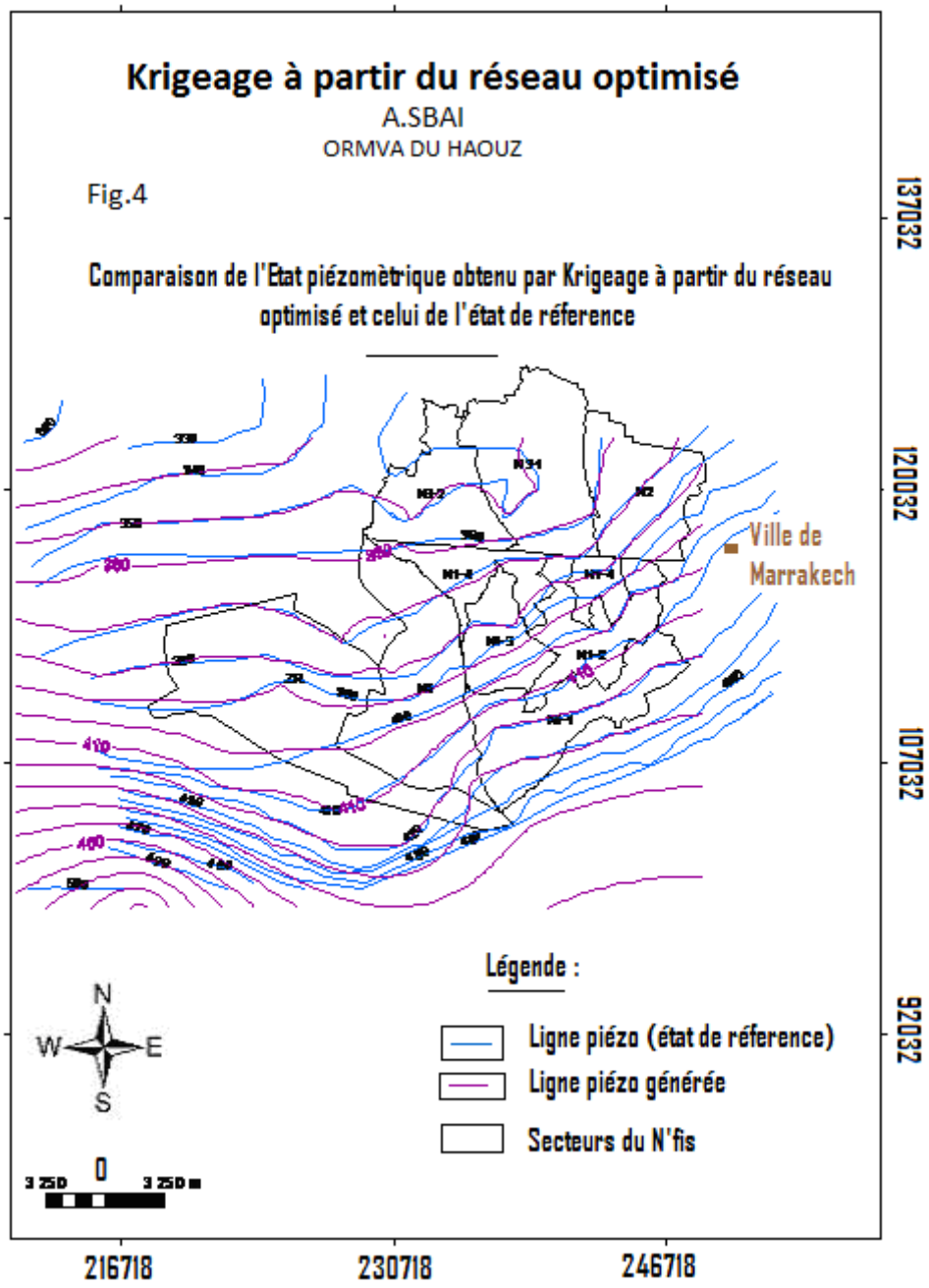


Comparé à l'état piézométrique de référence de 1986 (établi par la Direction de la Recherche et de la Planification de l'eau relevant du Secrétariat d'Etat chargé de l'eau et de l'environnement, à travers une campagne généralisée de mesures, celui-ci présente des écarts, d'où la nécessité d'élargir ce réseau de contrôle afin d'obtenir un état piézométrique satisfaisant.

2.4. Extension du réseau de piézomètres existants.

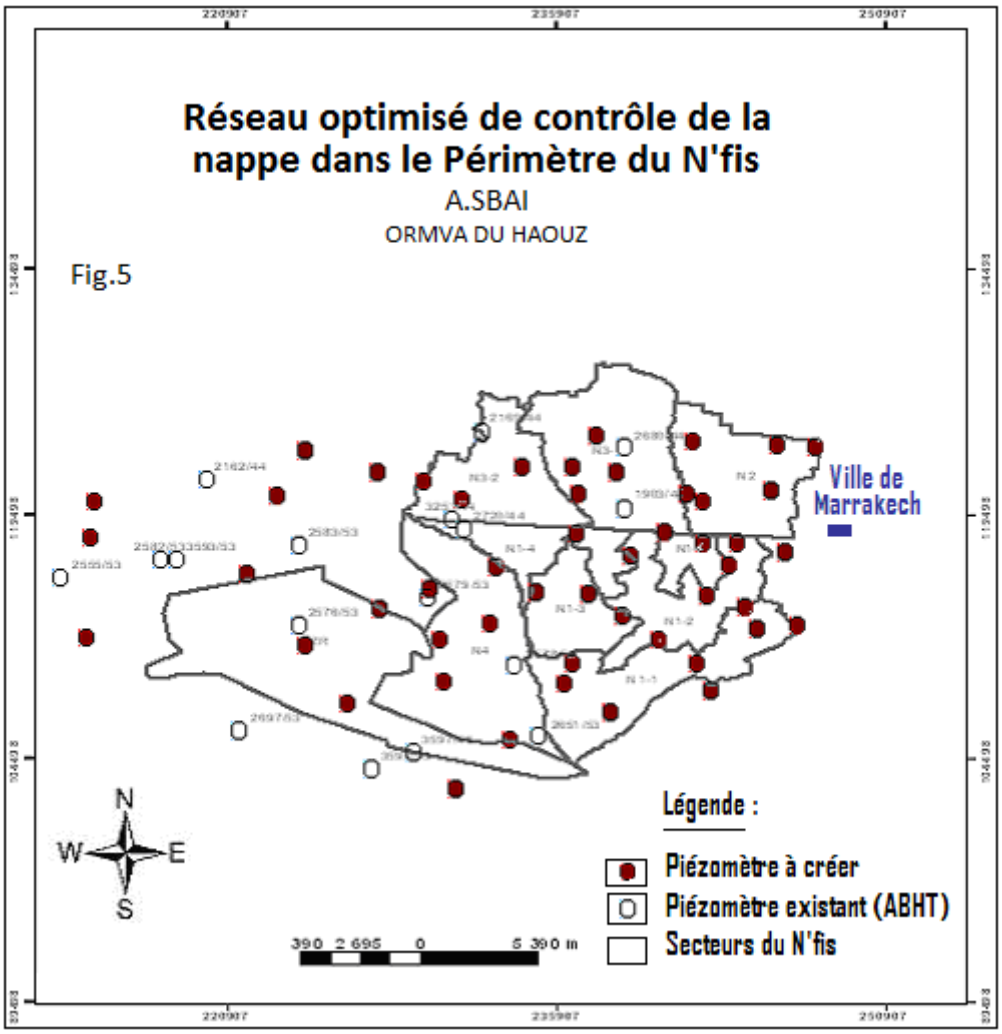
Des points supplémentaires ont été progressivement rajoutés (aux endroits à faible densité de piézomètres existants et là où il y'a des écarts importants entre l'état généré et l'état de référence) permettant ainsi de réduire au fur et à mesure l'écart entre l'état piézométrique de référence et celui obtenu par Krigeage à partir du réseau optimisé.

A partir d'itérations successives, le réseau optimisé de contrôle du niveau piézométrique obtenu, permettant de réduire significativement l'écart entre l'état généré et l'état de référence Cf. (Fig.4), est constitué de 50 nouveaux points à rajouter au réseau de piézomètres existants.



Le réseau piézométrique optimisé de contrôle de la nappe dans le périmètre du N'fis qui renseigne par une approximation par krigeage sur l'état piézométrique de la nappe permettra d'assurer un suivi régulier quantitatif de la nappe (profondeur, réserves d'eau …) dans le périmètre du N'fis, ce réseau

constitué de puits (recommandés d'être transformés en piézomètres de contrôle) sont représentés comme suit en (Fig. 5) ci-après:



Plus de 2/3 des piézomètres définis (à rajouter au réseau ABHT existant) disposent d'un puits existant dans une distance ne dépassant pas 600 mètres.

En attendant de réaliser les piézomètres définis la mesure de la piézométrie pourra être faite dans un premier temps dans ces puits. (Cette mesure devant être faite bien entendu en dehors des opérations de pompage afin d'éviter les erreurs de mesure dues au rabattement et aux remontées du niveau d'eau causées par cette opération). Pour les autres piézomètres il y'a toujours un puits dans un rayon ne dépassant pas 3 Km.

3. Conclusion.

Au terme de cet article nous recommandons :

- D'Intégrer les données récentes : autorisations de pompage délivrées par l'ORMVAH et éventuellement des données d'enquêtes de pompage (si elles existent) pour compléter la connaissance des ouvrages de prélèvements d'eau à partir de la nappe, et réfléchir à la manière

d'en maîtriser les prélèvements (allocations de prélèvement, comptage, puits ou forages collectifs ...)

- Transformer les points de suivi prédéfinis (réseau optimisé constitué de puits) en piézomètres de contrôle qui pourraient faire l'objet d'un suivi conjoint et régulier entre l'ORMVA du Haouz et l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift. (une fréquence de relevé de niveaux de la nappe de deux fois par an serait un minimum en début et en milieu de campagne par exemple),

- Envisager éventuellement un suivi automatique de ce réseau en instaurant un système de télégestion. Cette mesure pourra être envisagée à moyen terme,

- Assurer une diffusion régulière des résultats après chaque campagne de mesure auprès des Agriculteurs et des organismes concernés par la gestion de l'eau,

- Assurer une gestion intégrée, eaux de surface et eaux souterraines qui tient compte de la productivité de la nappe, et ce pour une durabilité des systèmes de production agricole,

Remerciements

Nous tenons à remercier l'Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz à Marrakech ainsi que l'Agence du bassin Hydraulique du Tensift qui nous ont aidés à réaliser ce travail,

Références

[1] ORMVAH, Données autorisations de pompage, Marrakech (2005),
[2] ABHT, Enquête sur puits et forages dans le N'fis, Marrakech (2002),
[3] RAZOKI B., Mise en place d'un outil de gestion des ressources en eau souterraine de la plaine du Haouz. Thèse de doctorat d'état en géologie Faculté des Sciences Semlalia Marrakech, Marrakech (2001),

Gestion de l'eau dans la circonstance d'événements secs: cas du barrage Ghézala (Tunisie)

Majid, Mathlouthi & Fethi, Lebdi

Laboratoire de Recherche en Sciences et Technologies de l'Eau, Institut National Agronomique de Tunisie, 43 av. Charles Nicolle 1082 Tunis, Tunisie, majid_mathlouthi@yahoo.fr, Lebdi.fethi@iresa.agrinet.tn

Abstract. This contribution focuses on the analysis of the dry spell for operation dam with basis different from that of observations carried out with regular time's intervals. The case study is the Ghézala dam in Northern Tunisia with Mediterranean climate. Dry events are considered as a sequence of dry days separated by rainfall events from each other. Thus the rainy season is defined as a series of rainfall and subsequent dry events. Rainfall events are defined as the uninterrupted sequence of rainy days, when at least on one day more than a threshold amount of rainfall has been observed. Rainy days with less than the threshold depth of precipitation are accounted for the rainfall event if they occur in an uninterrupted sequence. Only isolated sub threshold rainfall will be discarded, and considered as part of a dry event. The rainfall events are defined by depth and duration, which are found to be correlated. An analysis of the depth per event is thus performed, conditioned on the event duration. The gamma distribution appears to provide a good overall fit for the depth per event, especially for events lasting more than one day, while the one-day long events fit the negative binomial distribution. The duration of the rainfall event is found to fit a geometric distribution. The dry events during the rainy season seem to fit a negative binomial distribution. The climatic cycle length is fitted to a gamma distribution. The event-based analysis is used to generate synthetic events time series by simulation. The synthetic sequences of rainfall events and dry events are used to define and calibrate simulation models for realistic planning reservoirs or for estimating irrigation water demand. Another application of the event-based analysis is the effects study of climatic change.

Key-words: dry spell, dam operation, rainfall event, generation of synthetic event.

1. Introduction

Le contexte théorique de l'analyse par événements des pluies a été traité en profondeur par plusieurs auteurs dont nous pouvons citer [2, 4, 5]. En vertu, cet article est orienté principalement à une analyse des pluies journalières par alternance de périodes sèche-humide qui est exploitée pour générer des séquences d'événements pluvieux synthétiques dans le but d'optimiser les règles de gestion par événement des barrages réservoirs destinés à l'irrigation. Le concept d'analyse par événements est favorisé aux méthodes de génération de données type continu. Les séries chronologiques d'événements pluvieux synthétiques couplées avec un modèle pluie-ruissellement [7] fournissent des apports au barrage par événement. Une

méthode d'optimisation peut être exécutée sur des scénarios d'apports différents au pas de temps variable correspondant à l'événement. Les résultats de l'optimisation sont analysés pour dériver les règles de gestion par événement [3, 6]. Ainsi on à faire à une gestion tactique dont la courbe des règles serait plus réaliste.

2. Conditions climatiques du site d'étude

Le cas d'étude est le barrage Ghézala situé au Nord de la Tunisie. La pluviométrie annuelle moyenne enregistrée durant la période 1968-2010 est de 650 mm avec un coefficient de variation de 0.26. Elle représente environ 46 % de l'évapotranspiration annuelle moyenne. La saison humide s'étend de septembre à avril, bien que le commencement ou la fin de cette saison puisse se déplacer de quelques semaines. Elle est suivie d'une saison sèche de presque quatre mois. La pluviométrie présente fréquemment un pic en décembre. Sur les 504 mois constituant l'échantillon, 77 mois ont une pluviométrie inférieure à 1 mm (15%). La pluviométrie journalière est assez variable. En hiver, on peut enregistrer des quantités journalières supérieures à 30 mm, mais d'une façon rare. Il existe aussi une variation considérable d'une année à une autre. Les événements pluvieux semblent être groupés sur plusieurs jours humides séparés par des périodes sèches de durée variable. Cependant, on peut observer des événements pluvieux qui durent un seul jour. Durant les années hydrauliques 1987-1988 et 2001-2002, les apports au barrage étaient nuls.

3. Paramètres extraits de l'analyse par événements

On se sert des observations de pluies quotidiennes. Un événement est une durée dans le temps d'une pluie ou d'une sécheresse continue. Etant donné que l'analyse est effectuée afin d'obtenir les données nécessaires aux études d'aménagement des ressources en eau, l'événement pluvieux est défini suivant une certaine valeur seuil de pluie journalière. Une limite de 3.6 mm j^{-1} a été choisie, quantité d'eau correspondant approximativement à l'évapotranspiration quotidienne moyenne et indiquant ainsi la limite physique inférieure compte tenu de la pluie qui peut produire une ressource d'eau de surface utilisable. La pluie au-dessous de ce seuil sera considérée seulement sur les jours qui font partie d'un événement donné où au moins un jour satisfait la condition d'avoir reçu une pluie supérieure à 3.6 mm. Un événement pluvieux m dans une saison humide n sera caractérisé par sa durée $D_{n,m}$, symbolisant le nombre de jours de pluie subséquents et par la hauteur totale de pluie $H_{n,m}$ accumulée en $D_{n,m}$ jours pluvieux, en mm:

$$H_{n,m} = \sum_{k=1}^{D_{n,m}} h_k \qquad (1)$$

où h_k représente la pluie totale journalière en mm. Notons que $h_k>0$ et qu'au moins une valeur de $h_k>3.6$ mm. Afin de définir la position chronologique d'un événement pluvieux à l'intérieur de la saison humide, un paramètre de temps supplémentaire est exigé. Dans les études de nature théorique [2], ce paramètre temps est généralement le temps inter-arrivées. Dans cette étude, le temps inter-arrivées est remplacé par l'événement sec ou le temps inter-

événements $Z_{n,m}$ représentant le nombre de jours sans pluie entre deux événements subséquents. $Z_{n,m}$ est attribué à l'événement précédant la période sèche. Ainsi, $Z_{n,m} = 0$ pour le dernier événement d'une saison ($m = M_n$). M_n étant le nombre d'événements par saison. Le nombre d'événements secs par saison est donc M_n - 1. Le choix de $Z_{n,m}$ au lieu du temps inter-arrivées est motivé par des considérations pratiques pour les cas où quelques observations sont disponibles.

Pour l'objectif de la présente étude, $P_{n,m}$, l'événement pluvieux m du $n^{ème}$ saison pluvieuse est défini comme un vecteur de coordonnées la hauteur, la durée et le temps inter-événements:

$$P_{n,m} = \left(H_{n,m}, D_{n,m}, Z_{n,m}\right) \tag{2}$$

La longueur de la saison humide est définie comme la durée entre le début du premier et la fin du dernier événement pluvieux d'une saison donnée, alors que la longueur du cycle climatique annuel est déterminée par l'intervalle de temps entre le commencement de deux saisons humides subséquentes, c'est à dire une saison humide suivie par une saison sèche.

$$L_n = \sum_{m=1}^{M_n} D_{n,m} + \sum_{m=1}^{M_n - 1} Z_{n,m} \tag{3}$$

où L_n est la longueur de la saison humide en jours et M_n le nombre d'événements/saison.

La hauteur totale de pluie par saison humide est par conséquent déterminée ainsi:

$$H_n = \sum_{m=1}^{M_n} H_{n,m} \tag{4}$$

où H_n est la hauteur totale de pluie par saison humide, en mm.

4. Fonctions de distribution des probabilités

Afin d'étudier les rapports entre les paramètres décrivant les évènements pluvieux, la saison humide et le cycle climatique annuel, des analyses de régression ont été menées. Tableau 1 résume, pour certains paramètres sélectionnés, les valeurs maximales du coefficient de détermination r^2 touvées pour le pluviomètre de Ghézala-Barrage. Dans ce tableau, une relation faible a été trouvée entre la durée de l'événement $D_{n,m}$ et la hauteur de pluie par événement $H_{n,m}$, alors que pas de corrélation significative entre les paires $Z_{n,m}$ et la durée ($D_{n,m}$; $D_{n,m+1}$) et la hauteur de pluies ($H_{n,m}$; $H_{n,m+1}$) de l'événement précédant et suivant n'a pu être détectée. En conséquence, l'hypothèse prise dans l'analyse suivante, à savoir que les évènements de pluies dans une saison pluvieuse sont des éléments d'un processus aléatoire indépendant, semble être justifiée. Tout en admettant que cette hypothèse ne tient pas compte du fait que les séries des orages de convection ne sont généralement pas purement des séquences aléatoires [2], il en résulte une réduction substantielle de l'effort de calcul, sans compromettre la précision requise dans les applications pratiques.

Autant que les relations entre les paramètres caractérisant la saison des pluies sont concernées, il a été constaté que le nombre d'événements par saison M_n est pratiquement indépendant des autres variables exception, comme attendu, de la hauteur totale de pluies H_n (4) basée sur les événements de la saison humide.

Caractéristiques saisonnières	Nombre de jours pluvieux/saison pluvieuse	Nombre d'événements pluvieux M_n/saison pluvieuse	Plus long temps inter-événements de la saison pluvieuse $Z_{n,m}^{max}$ (jours)	Longueur du cycle climatique (annuel) C_n (jours)
Hauteur totale de pluies (mm)/saison humide	0.29	0.24	0.24	0.0004
Longueur de la saison pluvieuse L_n (jours)	0.02	0.11	0.04	0.38
Nombre de jours sans pluie durant la saison pluvieuse	0.32	0.004	0.14	0.20
Longueur du cycle climatique (annuel) C_n (jours)	0.01	0.05	0.05	1

Caractéristiques entre évènements	Hauteur de pluies de l'événement $H_{n,m}$ (mm)	Durée de l'événement pluvieux $D_{n,m}$ (jours)
Durée de l'événement pluvieux $D_{n,m}$ (jours)	0.41	1
Temps inter-événements $Z_{n,m}$ (jours)	0.0004	0.0004

Tableau 1. Valeurs maximales des coefficients de détermination r^2

4.1. Nombre d'événements par saison humide

En tenant compte de l'hypothèse de l'indépendance séquentielle des évènements pluvieux, comme formulée ci-dessus, la fonction de densité de Poisson doit décrire suffisamment le nombre d'évènements par saison:

$$f(n,\lambda) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^n}{n!}, \qquad n = 0, 1, 2 \ldots \tag{5}$$

où n décrit le nombre d'événements durant une saison pluvieuse.

La moyenne arithmétique semble fournir une estimation stable du paramètre λ de la fdp de Poisson, puisque cette statistique est aussi l'estimateur du maximum de vraisemblance, il est utilisé pour estimer λ, de préférence à la variance de l'échantillon, qui montre des fluctuations plus importantes. Pour le pluviomètre de Ghézala-Barrage, la moyenne est de 22.5 et l'écart type est de 4.75 pour un nombre de données de 42 saisons pluvieuses.

4.2. Durée des évènements pluvieux

D'une manière générale, la Tunisie tellienne est plus souvent sous l'influence méditerranéenne, que sous l'influence steppique, et exceptionnellement sous l'influence saharienne. Les oscillations des pluies annuelles autour de la moyenne marquent donc ce

régime pluviométrique, qui est ainsi caractérisé par une relative régularité inter-annuelle. Alors qu'environ 33% des événements en effet durent au plus un jour, l'existence de grandes perturbations méditerranéennes se produisant à quelques reprises au cours d'une saison pluvieuse assure la persistance des séquences ininterrompues de jours pluvieux durant parfois près de deux semaines (la durée maximale observée est 13 jours). Cependant, la fréquence de tels évènements à longue durée diminue rapidement avec l'augmentation de la durée. La durée moyenne des événements de pluies est de 2.8 jours avec un écart type de 1.87. La fonction de densité de probabilité géométrique apparaît la plus adéquate pour l'ajustement:

$$f(j) = p\,q^{j-1} \tag{6}$$

où j est la durée de l'évènement en jours; $p = 1/\bar{j}$ valeur réciproque de la durée moyenne des évènements et $q = 1 - p$ semble fournir un excellent ajustement pour le pluviomètre de Ghézala-Barrage considéré. Cela confirme un résultat beaucoup plus ancien rapporté pour un climat semi-aride dans [2]. Les fdp géométrique ajustée et empirique de la durée de l'événement au pluviomètre de Ghézala-Barrage sont montrées dans la figure 1.

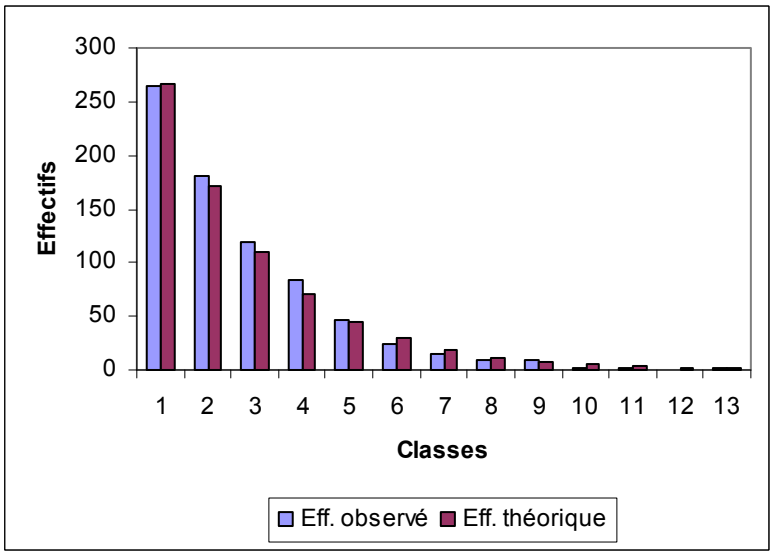


Fig. 1 Distribution de la durée de l'événement pluvieux, pluviomètre de Ghézala-Barrage.

4.3. Hauteur de pluie par évènement

Depuis que l'analyse par régression (tableau 1) indique l'existence d'une relation entre la hauteur de pluies et la durée, il est nécessaire de distinguer entre les fdp de la hauteur de pluies pour différentes valeurs de durée de l'événement. Ceci est fait au moyen d'estimation des fdp conditionnelles. Les hauteurs de pluies $H_{n,m}$ enregistrées durant les événements sont groupées en classes de 4 mm, en commençant par celle de (4-8 mm). Pour un événement de durée 1 jour, la fdp binomiale négative s'est montrée la meilleure fdp théorique pour l'ajustement:

$$f(h) = \frac{(\gamma + h - 1)!}{h!\,(\gamma - 1)!}\, p^{\gamma} q^{h}\ , \qquad h = 0, 1, \ldots, H \qquad , \quad \gamma = mp/1\text{-}p \tag{7}$$

où *m* est la moyenne arithmétique du nombre de classes de la hauteur de pluie par événement de durée 1 jour. Pour des évènements qui durent au moins 6 jours, la distribution Gamma apparaît fournir la meilleure forme d'ajustement.

4.4. Durée du temps inter-événements

D'après l'analyse par régression (tableau 1), l'événement sec peut être assimilé indépendant des autres caractéristiques du phénomène de précipitation. Ainsi, la distribution de l'événement sec suit une fonction de distribution des probabilités inconditionnelle. La plus courte interruption (un jour) est la plus fréquente. Près d'un cinquième des évènements secs observés ont duré seulement un jour. Néanmoins, le champ observé est beaucoup plus long que, par exemple, celui de la durée de l'évènement pluvieux. Des périodes sèches jusqu'à 30 jours et mêmes plus peuvent être enregistrées, même si la probabilité d'une longueur extrême, apparaissant au milieu de la saison pluvieuse est faible. Le fait même que la moyenne est 7.3 jours et l'écart-type élevé (7.91), sont les deux, un sérieux avertissement au sujet de la non-fiabilité de l'hypothèse d'une précipitation répartie uniformément au cours de la saison humide. La fdp binomiale négative univariée a été trouvée, comme le meilleur ajustement pour décrire la répartition de l'événement sec. La supériorité de cette fdp sur le modèle géométrique est démontrée par la longue queue de la fdp empirique.

4.5. Longueur du cycle climatique "annuel"

Il est admis que le phénomène de la saison pluvieuse, suivie par une saison sèche constitue un cycle annuel. Comme le montre le tableau 2, l'espérance du cycle confirme la caractéristique d'annuel de ce phénomène, et le faible coefficient de variation indique la stabilité de cette valeur attendue. Néanmoins, une asymétrie positive peut être observée. Une asymétrie positive indique que la queue sur le côté droit est plus longue que le côté gauche et la majeure partie des valeurs se situe à gauche de la moyenne. La fdp Gamma fournit un bon ajustement pour la distribution de la longueur du cycle climatique C_n. Bien que la longueur du cycle climatique C_n semble être indépendante du nombre d'événements par saison humide M_n, elle montre une moyenne dépendance de la longueur de la saison humide L_n. En outre, il est constaté qu'un cycle climatique, avec une longueur supérieure à la moyenne est généralement suivi par un autre plus court, empêchant ainsi tout décalage durable de la saison pluvieuse.

Pluviomètre	Nombre de données	Moyenne arithmétique (j)	Ecart type	Coefficient de variation	Coefficient de Skewness
Ghézala-Barrage	42	365.1	16.23	0.044	0.317

Tableau 2. Paramètres statistiques de la longueur du cycle climatique

5. Résultas

L'analyse basée sur les évènements pluvieux, décrit précédemment, a été utilisée pour générer des séquences d'événements synthétiques par simulation de lois de probabilités, selon une procédure décrite dans [1]. Les cycles climatiques correspondants ont été également générés. Les comparaisons des moyennes et écarts types observés et générés sont résumées dans le

tableau 3. On remarque que la comparaison des moyennes arithmétiques des données observées et des valeurs générées montre seulement des déviations très limitées, alors que la différence dans les écarts types apparaisse être plus considérable pour la longueur de la saison humide. Ce phénomène peut être attribué à l'incorporation des éléments empiriques et les concepts simplificateurs dans l'analyse, qui ont une tendance de lisser hors des fluctuations.

Nombre d'années observées 42	Nombre d'évènements		Nombre de jours de pluie (jours)		Longueur du cycle (jours)		Longueur de la saison humide (jours)		Temps d'attente Max (jours)		Hauteur totale de pluie/ saison (mm)	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Observée	22.5	4.67	63.0	12.4	365.1	16.2	220.55	14.75	30.2	3.6	605.86	159.44
Générée	22.1	4.16	61.94	13.97	364.96	18.44	218.0	43.5	29.81	3.5	590.53	153.51

Tableau 3. Résumé des paramètres des séries chronologiques d'évènements pluvieux observée et générée (période de 50 ans).

6. Discussion et conclusions

Le cas d'étude confirme le concept de l'indépendance de la durée d'un événement pluvieux et celle d'un événement sec. Le phénomène de sécheresse dans la région du barrage Ghézala semble être particulièrement bien décrit en ajustant une fdp à la durée de l'événement sec. La distribution des hauteurs de pluies associée avec différentes classes de durée semble correspondre aux attentes théoriques. L'utilisation des fdp conditionnelle au lieu de fdp conjointe, plus exigeante, permet de réaliser une analyse basée sur les événements dans le cas de peu de données. L'association des séries chronologiques d'évènements pluvieux synthétiques à un modèle pluie-débit déterministe [7] permet d'obtenir des séries d'apports synthétiques. Ces séquences sont utilisées aux études d'optimisation des règles de gestion des barrages réservoirs par événement [3, 4, 6]. La gestion est plus réaliste à incréments de temps événementiels. A partir des séries prédictives d'événements secs et d'événements pluvieux, à l'échelle journalière et à l'échelle de l'année, sur un horizon T (en années), on peut également identifier des pics d'événements secs maximum et d'événements pluvieux minimum.

Références

[1] Bogardi, J. J., Duckstein, L. & Rumambo, OH, (1988) Practical generation of synthetic rainfall event time series in semi-arid climatic zone. *Journal of Hydrology* **103,** 357-373.

[2] Fogel, M. M. & Duckstein, L. (1982) Stochastic precipitation modelling for evaluating non-point source pollution. In: statistical analysis of rainfall and runoff (Proc. of the International Symposium on rainfall-runoff modelling, 1981), 119-136. Water Resources Publications, Littleton, Colo., USA.

[3] Mathlouthi, M. & Lebdi, F. (2008) Event in the case of a single reservoir: the Ghèzala dam in Northern Tunisia. Stochast. Environ. Res. Risk Assess. **22**, 513–528.

[4] Mathlouthi, M. (2009) Optimisation des règles de gestion des barrages réservoirs pour des évènements extrêmes de sècheresse. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique de Tunisie, Tunis, TUNISIE.

[5] Mathlouthi, M. & Lebdi, F. (2009) Analyse statistique des séquences sèches dans un bassin du nord de la Tunisie. Hydrol. Sci. J. **54**(3), 442-455.

[6] Mathlouthi, M. & Lebdi, F. (2009) Emploi de la série chronologique des événements secs générés dans l'optimisation de la gestion des barrages. Hydrol. Sci. J. **54**(5), 841-851.

[7] Mathlouthi, M. & Lebdi, F. (2010) Modélisation de la relation pluie–ruissellement par durée d'épisode pluvieux dans un bassin du Nord de la Tunisie. *Hydrol. Sci. J.* **55**(7), 1111-1122.

Snow observations and hydrology modeling in Moroccan High Atlas

A, Boudhar[1], L, Hanich[2], G, Boulet[3] and A, Chehbouni[3]

[1] Département des sciences de la terre, Faculté des Sciences et Techniques, Université Sultan Moulay Slimane, B.P. 523, Béni-Mellal, Maroc, boudhar22@yahoo.fr
[2] Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, av. A. Khattabi, BP. 549, Marrakech, Maroc.
[3] CESBIO (Université de Toulouse, CNRS, CNES, IRD), 18 Av. Edouard Belin BPI 280 Toulouse cedex 4, France.

Abstract. It has been shown that understanding Snow Cover Area (SCA) dynamics and snowmelt process is necessary to describe precisely all the processes that participate to the hydrological cycle of the High Atlas and, in particular, to know the respective contribution of rain and snow to the streamflow. We used an approach based on the combination of sparse hydro meteorological data and remote sensing information. Snow characteristics (Height, Density and snow water equivalent) are obtained from field measurements in the Oukaimden site located at 3200m in the High-Atlas. In order to understand the accumulation and ablation process of the snowpack in the study area, we tested an energy balance model "ISBA-ES". Results show that 15 to 37% of water is lost by sublimation.

Keywords: Moroccan High Atlas, optical remote sensing, snow hydrology, arid climate.

1. Introduction.

In the Mediterranean area, such as morocco, water is a scare resource [1, 2]. During recent decade, water use is under increasing pressure and have a drastically change due to large increase in population, rise of living standards, development of irrigated agriculture, and new activities. It is the case of the Marrakech region in morocco, where socio-economic development, especially tourism caused a severe changing in a regional water balance. Precipitations in this region are very low, varying between 200 mm in the plain and more than 800 mm in the mountain part. Therefore, the High Atlas mountain range represents the most important 'water tower' of the region, through liquid but also solid precipitation. In winter, snowfall has between 20% and 80% of total precipitations measured at different sites [3, 4]. During the winter season (November to April), the contribution of snowmelt to streamflows is significant (from 20 to 45% of the total, [5]). The general aim of this work is to analyse snowpack variation in the Moroccan High Atlas with special focus on the physical processes controlling snow ablation. For this purpose, we used two approaches to simulate snow ablation: A temperature index or the degree–day approach and an energy balance model "ISBA-ES".

2. Method and data.

2.1. Study area.

The experiment took place within High Atlas (Rheraya basin; Fig. 1), a large mountain range in central Morocco (800km long and 70km wide). Precipitations in the mountains allow supplying several big irrigated areas in the surrounding plains [6, 7, 8]. They are very irregular in time and space, which is typical of semi-arid areas. Snowfalls occur mainly during the winter season (November to April) in the high altitude (>1400 m). According to the long term analysis of snow covered area using remote sensing data, snow is strongly heterogeneous and exhibits a marked annual, seasonal, and even weekly variability following the variable trend of other climatic parameter [9,7] .

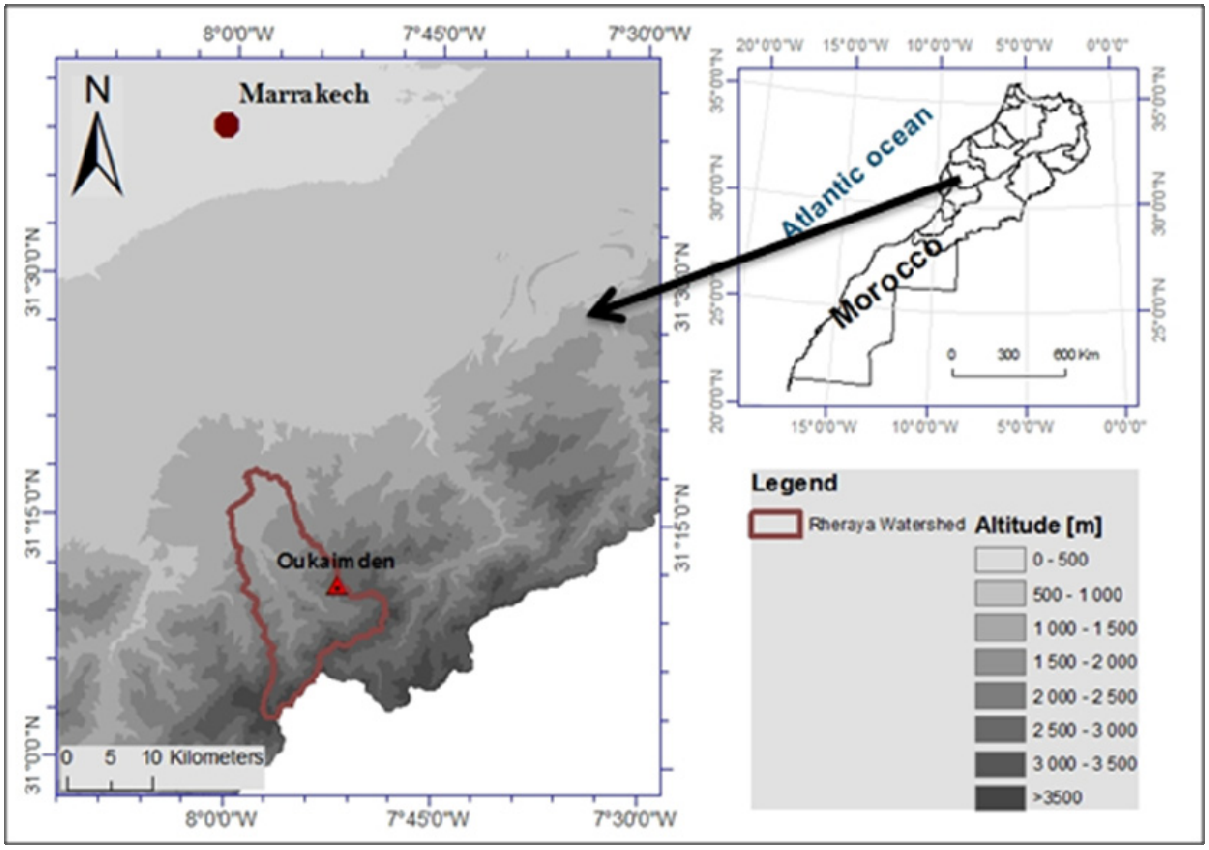


Fig. 1 Rheraya watershed in the High Atlas Mountain in Morocco. Oukaimden weather station at 3200 m asl..

2.2. *Snow and climatic data*

The experimental data set was collected in the Oukaimden site at the altitude of 3200 m above sea level. The data collection program consisted of continuous automated measurement of precipitations, snow depth, solar radiation, temperature, relative humidity and wind speed. In addition to the automatic measurement, we periodically monitored the snow evolution around the weather station. This includes snow water equivalent and density with a snow tube.

2.3. *Models description*

To estimate snow ablation at the Oukaimden site, we tested two approaches: a physically based approach using ISBA-ES Model and a simple degree day approach.

The ISBA-ES Model

The Interactions between Soil Biosphere Atmosphere- Explicit Snow (ISBA-ES) schemes is a one-dimensional snow column model [10, 11]. It is a multilayer physical model which explicitly evaluates mass and energy exchanges between the soil layers, the snowpack and the low-level atmosphere at time steps up to approximately 30 minutes as a function of meteorological conditions, including turbulent heat and moisture surface transfers, ground heat flux, and land subsurface processes.

The Degree day Model

Many studies show that degree-day models return satisfactory estimates of the ablation [12, 13]. For these reasons and for a comparison purpose we used in this study a simple temperature index approach in which the melt, ΔSWE, was calculated by:

$$\Delta SWE = F \max(0, T_a - T_f) \tag{1}$$

Where F is the daily melt-rate coefficient (mm °C-1), Ta is the average daily air temperature (°C), and Tf is the freezing temperature (0 °C).

Proper use of the melt-rate coefficient (sometimes called the degree-day factor) is an important key to successfully applying the temperature index equation. In this study, we applied separately three formulations that calculate the degree-day factor depending to snow density [14, 15] (Eq.2 & Eq.3) and as a function of net radiation [16] (Eq.4).

$$F = 1.1 \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} \tag{2}$$

$$F = 19.6 \cdot \frac{\rho_s}{\rho_w} - 10.7 \tag{3}$$

$$\Delta SWE = \left(\max(0, m_q \times R_{net})\right) \tag{4}$$

Where Rnet is net absorbed radiation in Wm−2, and mq is an energy to water depth conversion (0.26 (mm day−1) (Wm−2)−1).

3. Results and discussion.

The degree days and ISBA-ES models were calibrated with data from 2007/2008 season. Figure 2 shows seasonal water losses by melting and sublimation estimated for the site Oukaimden using ISBA-ES model. During the four seasons, most part of snow ablation is due to melting process. However, a significant proportion of water losses are caused by sublimation. The melt process is generally characterized by the sudden release of water in short periods, concomitant with the increase in air temperature. However, the sublimation process occurs regularly throughout the season.

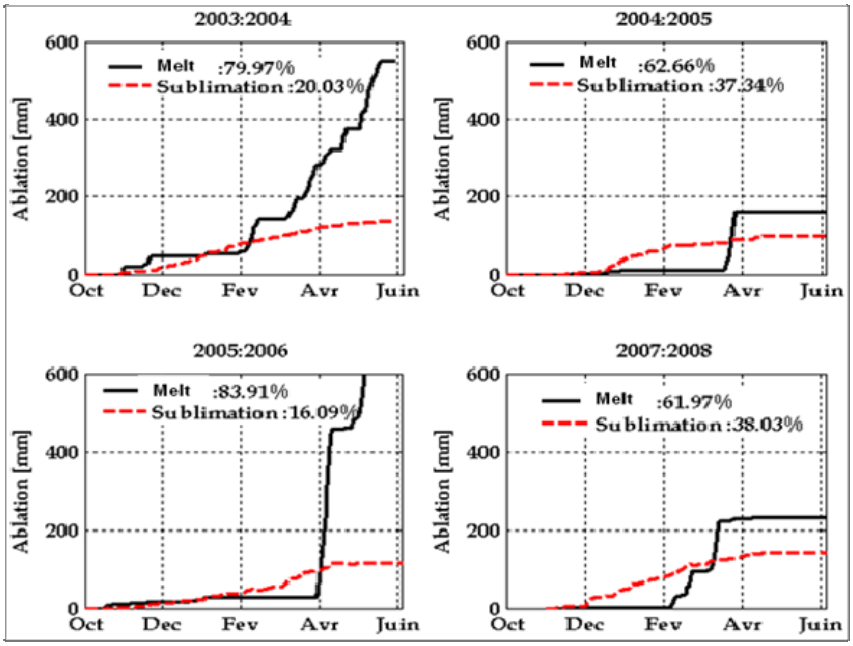


Fig. 2: Contribution of snowmelt and sublimation at the Oukaimden site

Figure 3 shows a seasonally variation of snow water equivalent (SWE) observed and simulated using ISBA-ES and the three degree-day models. All models simulate efficiently the variation of SWE over the calibration season. At the validation period, the Martinec model cannot simulate SWE efficiently along the season. While the other models Brubaker and Kuustisto give a better simulation of all seasons.

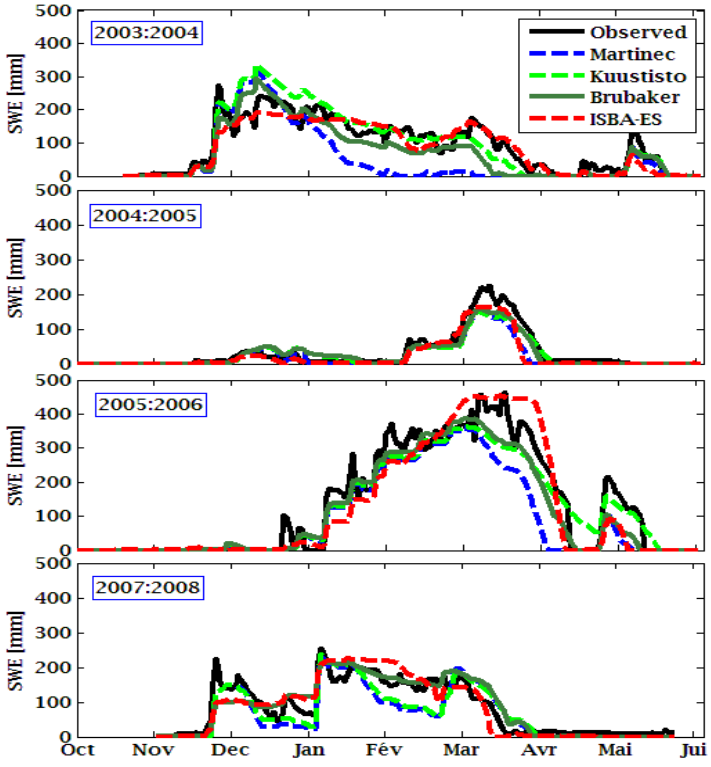


Figure 3: Comparison of the evolution of the snow water equivalent (SWE) measured vs simulated with different model

4. Conclusions.

Both types of models, energy balance model "ISBA-ES" and degree day model with various formulations discussed above are applied to the Oukaimden weather station. We find that the ISBA-ES is the most efficient to identify the different magnitudes of variation of the melting and sublimation. Important quantity of water is lost by sublimation process. The proportion of the sublimation varies from 17% or 15% during the 2005/2006 season to 38% or 37% during the 2007/2008 season

The implementation of the energy balance model at the spatial scale requires the availability of several climatic parameters, which are very rare in our area. For these reasons, degree day models are suitable at the basin scale.

References

[1] UNDP (United Nations Development Programme), "Human development report 2006—Beyond scarcity: Power, Poverty and the Global Water Crisis". UNDP, New York, USA (2006).

[2] Iglesias, A., Garrote, L., Flores, F. & Moneo, M., "Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean", Water Resour. Manage. 2007, 21, 775–788.

[3] Schulz, O. et de Jong, C., "Snowmelt and sublimation: field experiments and modelling in the High Atlas Mountains of Morocco". Hydrology and Earth System Sciences 2004, 8(6), 1076–1089.

[4] Boudhar A., Télédétection du manteau neigeux et modélisation de la contribution des eaux de fonte des neiges aux débits des Oueds du Haut Atlas de Marrakech, PhD thesis, Cadi Ayyad univ. Morocco (2009).

[5] Boudhar, A., Hanich, L., Boulet, G., Duchemin B., Berjamy B. and Chehbouni, A., "Impact of the snow cover estimation method on the Snowmelt Runoff Model performance in the Moroccan High Atlas Mountains", Hydrological Science Journal, 2009, 54(6).

[6] Chaponnière, A., Maisongrande, P., Duchemin, B., Hanich, L., Boulet, G., Halouat, S., Escadafal, R., "A combined high and low spatial resolution approach for mapping snow covered area in the Atlas Mountain". International Journal of Remote Sensing, 2005, 26: 2755–2777.

[7] Boudhar A., Duchemin B., Hanich L., Jarlan L., Chaponnière A. , Maisongrande P., Boulet G. and Chehbouni A., "Long term analysis of snow covered-area in the Moroccan High-Atlas through remote sensing". Int. J. Appl. Earth. Observ. Geoinform, 2010, S109-S115. doi:10.1016/j.jag.2009.09.008.

[8] Chehbouni, A., Escadafal, R., Boulet, G., Duchemin, B., Simonneaux, V., Dedieu, G., Mougenot, B., Khabba, S., Kharrou, H., Merlin, O., Chaponnière, A., Ezzahar, J., Erraki, S., Hoedjes, J., Hadria, R., Abourida, H., Cheggour, A., Raibi, F., Boudhar, A., Hanich, L.,Guemouria, N., chehbouni, Ah., Olioso, A., Jacob, F. and Sobrino, J. (2008) An integrated modelling and remote sensing approach for hydrological study in semi-arid regions: the SUDMED Program. International Journal of Remote Sensing. 29:5161-5181.

[9] Boudhar, A., Duchemin, B., Hanich, L., Chaponnière, A., Maisongrande, P., Boulet, G., Stitou, J. & Chehbouni, A. "Snow covers dynamics analysis in the Moroccan High Atlas using SPOT-VEGETATION data". Sécheresse, 2007, 18(4), 278–88.

[10] Boone, A.. "Modélisation des processus hydrologiques dans le schéma de surface ISBA: Inclusion d'un réservoir hydrologique, du gel et modélisation de la neige," Thèse de doctorat, Université P.Sabatier, Toulouse III, Toulouse, France (2000).

[11] Boone, A., and P. Etchevers,. An intercomparison of three snow schemes of varying complexity coupled to the same land surface model: local-scale evaluation at an Alpine site. J. Hydrometeorology, 2001, 2, 374-394.

[12] US Army Corps of Engineers, "Runoff evaluation and streamflow simulation by computer.. Part-II, US Army Corps of Engineers", North Pacific Division, Portland, Oregon, USA(1971).

[13] Anderson, E.A.. National weather Service River forecast system—snow accumulation and ablation model. NOAA Tech. Memo. NWS HYDRO-17, US Dept. Commer., Washington, DC, USA, 1973.

[14] Martinec J., "The degree-day factor for snowmelt runoff forecasting. In IUGG General Assembly of Helsinki, IAHS Commission of Surface Waters", IAHS, 1960, : number 51, pp. 468-477.

[15] Kuusisto, E. (1980). "On the values and Variability of degree-day melting factor in Finland." Nordic hydrology 11: 235-242.

[16] Brubaker K, Rango A, Kustas W., "Incorporating radiation inputs into the snowmelt runoff model". Hydrol Process, 1996, 10:1329–43.

ASP/SLST: Atmospheric Simulation Platform for Sea and Land Surface Temperature retrieval

M, Lahraoua[1], N, Raissouni[1], A, Chahboun[1], N, Ben Achhab[1] and A, Azyat[1]
[1] ENSA. Abdelmalek Essaadi University UAE. Tetuan, Morocco, Emails: m_lahraoua@yahoo.fr ; nraissouni@uae.ma

Abstract. In the present paper, we developed an Atmospheric Simulation Platform (ASP/SLST) based on developed code to automatically control running of MODTRAN 4.0 code with different and complex input/output files. The ASP permits estimating the atmospheric parameters and retrieving Sea and Land Surface Temperature (LST) and Land Surface Emissivity (LSE) from the Thermal InfraRed-TIR data. The Platform is configured on four modules: i) Module-1; uses MODTRAN 4.0 radiative transfer code to predict the atmospheric transmittance and the radiances for thermal channels with the appropriate channel filter functions, considering the atmospheric region between the surface and the sensor altitude, ii) Module-2; allows the conversion of Radiance to Brightness Temperatures, iii) Module-3; provides a precise conversion of Brightness Temperatures to Sea and land Surface Temperatures by using the Split-Window (SW) method, finally iv) Module-4; computes and shows the corresponding results: the difference of effective wavelengths for the two thermal bands considered in the SW algorithm, the SW coefficients, the correlation coefficient, the contribution to the total error of the different terms, the standard deviation associated with the algorithm and the contribution to the total error due to the uncertainties for at-sensor temperatures, LSE and atmospheric water vapor, and the total error in Sea and Land Surface Temperature).

Keywords: ASP/SLST, Land Surface Temperature, Split-Window, Atmospheric Parameters.

1. Introduction.

Land surface temperature (LST) is an important parameter in the study on the exchange of substance and energy between land surface and air for the land surface physics process at regional and global scales [1-3]. Many applications of satellites remotely sensed data must provide exact and quantificational LST, such as drought, high temperature, forest fire, earthquake, hydrology and the vegetation monitor, and the models of global circulation and regional climate also need LST as input parameter. [4-8]. An accurate LST retrieval also enables an analysis of the global surface temperature and its variability within a long period of time [9-14]. Some of the major researches are related to the removal from remotely sensed data of the effects caused by atmospheric attenuation, land surface emissivity, and topography [13-17].

Atmospheric Simulation Platform (ASP/SLST) for retrieving Sea Surface Temperature (SST) and Land Surface Temperature (LST) from the thermal data is developed. It will be a useful software tool

to study the thermal environment of ground surface between the ground and the bottom atmosphere by using the thermal band deferent thermal data.

2. The simulation procedure.

The simulation procedure was designed to generate the algorithm coefficients and to test the algorithm performance. Radiative transfer calculations were generated using the simulation with the MODerate spectral resolution atmospheric TRANsmittance algorithm version 4.0 [18] for 1 to 7 viewing angles. The resulting transmission and radiance spectra were convoluted with the channels response filter functions. By using the simulation database, the SW algorithms adapted for sensors satellite data were developed. Type of algorithm is quadratic in the brightness temperature difference and depends explicitly on the land surface emissivity and the atmospheric water vapor. The radiosonde data used in the MODTRAN 4.0 simulation is from the TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) initial guess retrieval (TIGR) database [19]. The atmospheric transmittance, the upwelling and the downwelling atmospheric radiance were generated in the Look-Up Table (LUT) by convolution of the outputs from MODTRAN 4.0 simulation and sensor function filters. The emissivity was selected from the ASTER spectral Emissivity library [20]. A total of 304 Data from the ASTER spectral library was included.

3. ASP/SLST simulation tool.

The satellite thermal infrared simulation includes a full model of the sensor system. The ASP/SLST consists of different modules. The first module describes the geometrical relations between object, sun, and sensor and the MODTRAN simulation environment considers the radiometry and uses the MODTRAN 4.0 radiative transfer code to predict the atmospheric transmittance and the radiance for thermal channels with the appropriate channel filter functions. It calculates the at-sensor radiance using a pre-calculated multidimensional lookup-table for the atmospheric boundary conditions. The second module allows the conversion of radiance to brightness temperatures. The third provides a precise conversion of brightness temperatures to sea and land surface Temperatures by using the SW method. The Last gives the results obtained for the infrared terminal, like the effective wavelengths difference for the two thermal bands considered in the SW algorithm ($\Delta\lambda$), the SW coefficients (c_i with i= 0,1,2,3,4,5,6), the correlation coefficient (R), the contribution to the total error of the different terms: the error associated with the algorithm (standard deviation) and the contribution to the total error due to the uncertainties for at-sensor temperatures, land surface emissivity and atmospheric water vapor, respectively (σ_{alg}, $\sigma_{NE\Delta T}$, σ_{ε}, and σ_{W}), and the total error in LST σ_{LST} (sensitivity analysis).

The exact platform design, the optimization, and evaluation of sensor parameters, observation conditions, and retrieval algorithms have to be performed using different modules.

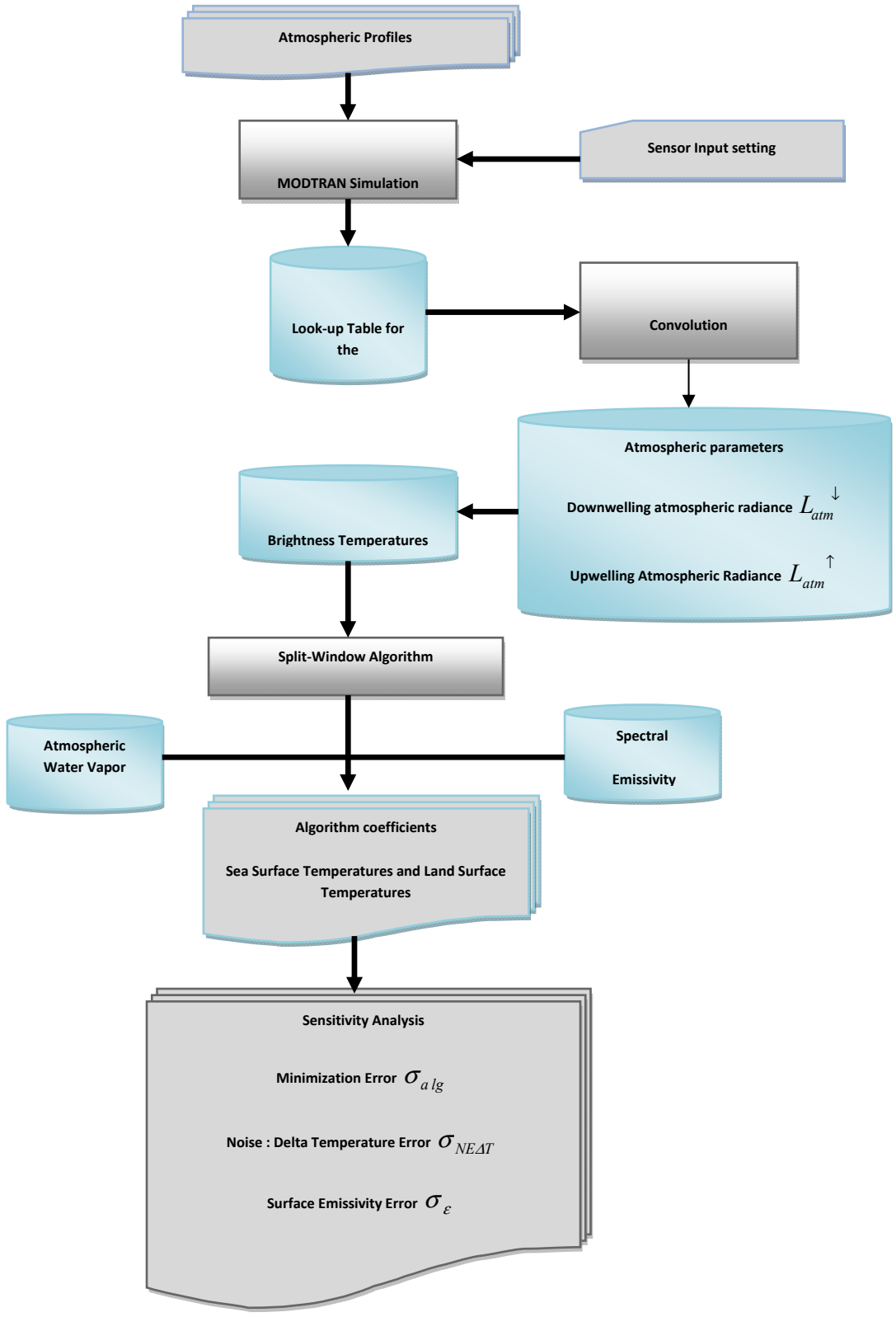


Fig 1. ASP/SLST diagram: The major steps applied in the TIR simulation.

4. ASP/SLST graphic user interface.

The ASP/SLST Graphic User Interface presented, is developed in C++ Builder compiled into an executable file to run under Microsoft Windows. A Graphic User Interface of the GUI can be seen in Fig 2. The Menu Area automatic control of the interface enables the automatically running of the MODTRAN model. In addition, both the model can be executed through a control Tool to simulate the channel atmospheric parameters of a changing viewing geometry and typical temperature variations.

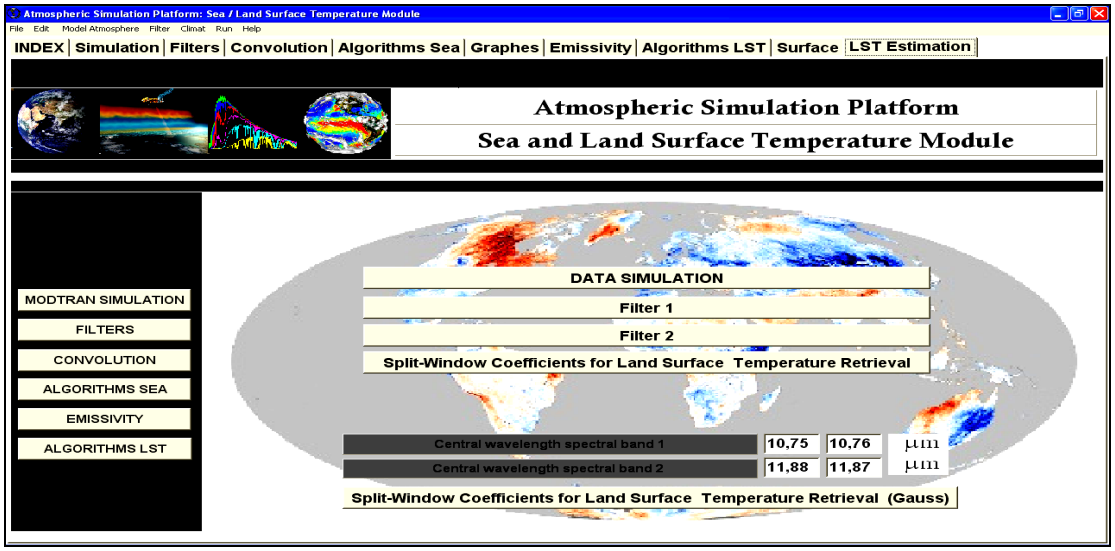


Fig 2. ASP/SLST graphic User Interface.

The interface area (Fig 3) permits the selection and the creation of the input file that will be used in the MODTRAN 4.0 simulations. The beginning is a single ASCII file as input called tp5 or modin use as input for MODTRAN 4.0, containing among others the values for altitude, atmospheric profile, visibility, view zenith, reflectivity and also the effective optical parameters in the spectral range.

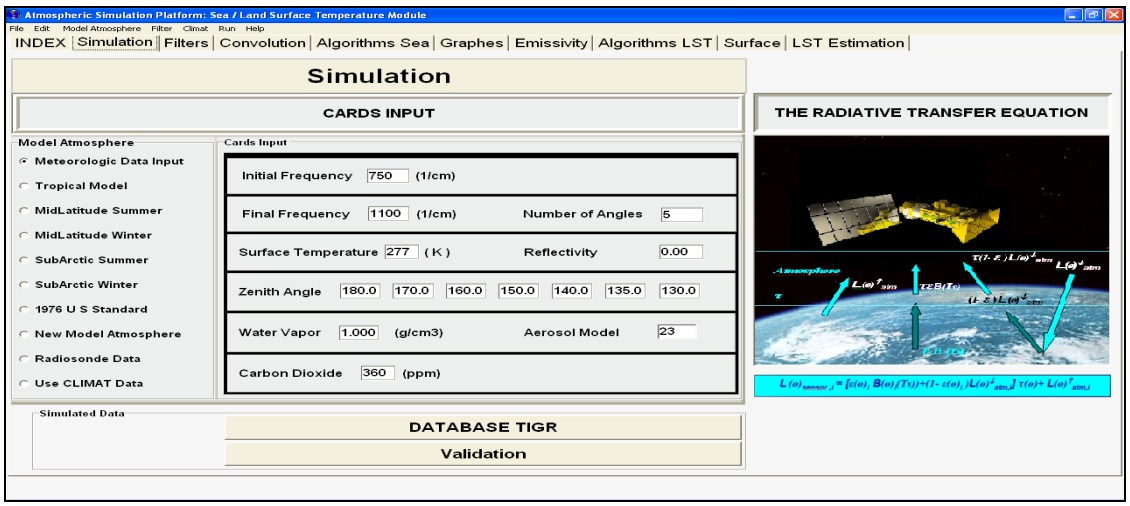


Fig 3. The input parameters of ASP/SLST.

5. The channel atmospheric parameters estimation.

After uses the mentioned radiosounding data as input into MODTRAN to match the transmittance and the radiance at a specific wavelength, the channel atmospheric parameters values are estimated using the convolution of the transmittance and the radiance spectra with each filter spectral channel.

6. Conversion from radiance to brightness temperature.

After estimating the atmospheric parameters in the first step, the ASP/SLST converted the atmospheric parameters to brightness temperature. In accordance with the black body radiation principle, the spectral radiance emitted from ground surface as a black body can be described by Planck's radiation spectral equation.

$$B(T_s) = \frac{C_1}{\lambda_i^5 [\exp(C_2 / \lambda_i T_i) - 1} \quad (1)$$

$B(T_s)$ is Spectral radiance of a blackbody ($Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-}1$), λ_i is Wavelength (µm), T_i is Temperature (Kelvin), C_1 = 3.7418 x 10-16 $W.m^2$ and C_2 = 1.4388 x 10-2 m.K.

The most straightforward approximation is to replace the response function with a function at the sensor's central wavelength. Under this approximation collapses into Equation (2), which can be inverted to:

$$T_i = \frac{C_2}{\lambda_i [\log\left(\frac{C_1}{\lambda_i^5 B(T_s)} + 1\right)} \quad (2)$$

where, T_i : Brightness temperature, from a central wavelength

7. The split-window coefficients.

An operational algorithm was described by Sobrino and Raissouni [21] used to retrieve soil and foliage component temperatures over the heterogeneous land surface (equation 3).

$$T_s = T_i + c_0 (T_i - T_j)^2 + c_1 (T_i - T_j) + c_2 + (c_3 + c_4 W)(1 - \varepsilon) + (c_5 - c_6 W)\Delta\varepsilon \quad (3)$$

where T_s is the surface temperature (in K), T_i and T_j are the at-sensor brightness temperatures of the different thermal AVHRR channels (in K), $\varepsilon = \frac{\varepsilon_i + \varepsilon_j}{2}$ and are the mean effective emissivity, W (g.cm-2), is the total amount of the atmospheric water vapor and finally, the SW coefficients, from c_0 to c_6 , are obtained by means of a simulation, using the MODTRAN 4.0.

Fig 6 shows the results of the regression equations like Split-window coefficients (c_0 to c_6) for satellite thermal infrared, Effective wavelengths λ_{ieff} (µm) and λ_{jeff} (µm) for two infrared Channel i and Channel j, effective wavelength difference between infrared Channel *i* and Channel *j*: $\Delta\lambda = \lambda_{jeff} - \lambda_{ieff}$ µm and error associated to the algorithm and the contribution to total error due to the uncertainties for

at-sensor temperatures, land surface Emissivity and atmospheric water vapor, respectively ($\sigma_{a\,lg}$, $\sigma_{NE\Delta T}$, σ_{ε} , and σ_{W}), and the total error in LST σ_{LST} (sensitivity analysis).

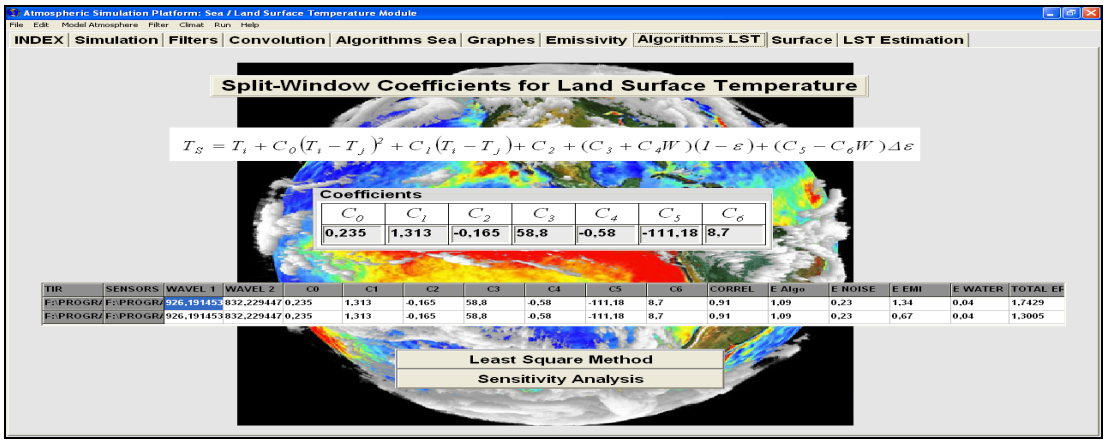


Fig 6. Split-window coefficients (c_0 to c_6) for satellite thermal infrared. Effective wavelengths λ_{ieff}(µm) and λ_{jeff} (µm) for two infrared Channel *i* and Channel *j*. The effective wavelength difference between infrared Channel *i* and Channel *j*: $\Delta\lambda = \lambda_{jeff} - \lambda_{ieff}$µm. Correlation coefficient (R). The sensitivity analysis: Error due to the minimization (δalg). Error due to the noise equivalent delta temperature ($\delta_{NE\Delta T}$). Error due to the uncertainty of the surface emissivity (δ_{ε}). Error due to the uncertainty of the atmospheric water vapor content (δ_{w}). and total error in the land surface temperature (δ_{LST}) considered the typical values of emissivity errors e(ε_4)=e(ε_5)= 1 % or e(ε_4)=e(ε_5)= 0.5 %.

8. Conclusions.

Atmospheric Simulation Platform (ASP/SLST) is developed and it is very helpful for those who study the thermal environment of ground surface and the bottom atmosphere by using the thermal band data.

Acknowledgements

This work was supported in part by the Morocco Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for “Integration and application of GIS and GPS on mobile systems” and “Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation” projects.

References

[1] H. Mannstein, “Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia”, Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology, 1987, (pp. 391-410).

[2] P. J. Sellers, F. G. Hall, G. Asrar, D. E. Strebel, and R. E. Murrphy, “The first ISLSCP field experiment (FIFE)”, Bulletin of the American Meteorological Society, 1988, (pp. 22-27).

[3] A. Olioso, H. Chauki, D. Couraul, and J. P. Wigneron, “Estimation of evapotranspiration and photosynthesis by assimilation of remote sensing data into SVAT models”, Remote Sensing of Environment, 1999, (pp. 341-356).

[4] V. V. Serafini, "Estimation of the evapotranspiration using surface and satellite data", International Journal of Remote Sensing, 1987, (pp. 1547-1562).
[5] N. Bussieres, P. Y. T. Louie, and W. Hogg, Progress Report on the Implementation of an Algorithm to Estimate Regional Evapotranspiration Using Satellite Data", Applications of remote sensing in hydrology, Saskaton Saskatchewan, (1990).
[6] L. Zhang, R. Lemeur, and J. P. Gouthorbe, "A one-layer resistance model for estimating regional evapotranspiration using remote sensing data", Agriculture and Forest Meteorology, 1995, (pp. 241-261).
[7] K. Jang, S. Kang, J. Kim, C. B. Lee, T. Kim, J. Kim, R. Hirata, and N. Saigusa, "Mapping evapotranspiration using MODIS and MM5 Four-Dimensional Data Assimilation", Remote Sensing of Environment, 2010, (pp. 657-673).
[8] C. Y. Xu and V. P. Singh, "Evaluation of three complementary relationship evapotranspiration models by water balance approach to estimate actual regional evapotranspiration in different climatic regions", Journal of Hydrology, 2005, (pp. 105-121).
[9] A. Melesse, "Spatiotemporal dynamics of land surface parameters in the Red River of the North Basin", Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 2004, (pp. 795-810).
[10] M. Langer, S. Westermann, and J. Boike, "Spatial and temporal variations of summer surface temperatures of wet polygonal tundra in Siberia - implications for MODIS LST based permafrost monitoring", Remote Sensing of Environment, 2010, (pp. 2059-2069).
[11] E. F. Lambin and D. Ehrlich, "The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis", International Journal of Remote Sensing, 1996, (pp. 463-487).
[12] J. C. Price, "Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA 7 advanced very high-resolution radiometer", Journal of Geophysical Research, 1984, (pp. 7231-7237).
[13] J. L. Bandfield, "Effects of surface roughness and graybody emissivity on martian thermal infrared spectra", Icarus, 2009, (pp. 414-428).
[14] S. Boussetta, T. Koike, K. Yang, T. Graf, and M. Pathmathevan, "Development of a coupled land-atmosphere satellite data assimilation system for improved local atmospheric simulations", Remote Sensing of Environment, 2008, (pp. 720-734).
[15] S. D. Prince, S. J. Goetz, R. O. Dubayah, K. P. Czajkowski, and M. Thawley, "Inference of surface and air temperature, atmospheric precipitable water and vapor pressure deficit using Advanced Very High-Resolution Radiometer satellite observations: comparison with field observations", Journal of Hydrology, 1998, (pp. 230-249).
[16] C. Ottlé and M. P. Stoll, "Effect of atmospheric absorption and surface emissivity on the determination of land temperature from infrared satellite data", International Journal of Remote Sensing, 1993, (pp. 2025-2037).
[17] H. Rahman and G. Dedieu, "SMAC : A simplified method for the atmospheric correction of satellite measurements in the solar spectrum", International Journal of Remote Sensing, 1994, (pp. 123-143).
[18] A. Berk, G. P. Anderson, P. K. Acharya, J. H. Chetwynd, L. S. Bernstein, E. P. Shettle, M. W. Matthew and S. M. Adler-Golden, "MODTRAN4 User's Manual", Bedford, MA: Air Force Res. Lab., Hanscom AFB,(1999).
[19] N. A. Scott and A. Chedin, "A fast line by line method for atmospheric absorption computations: The authomatized atmospheric absorption atlas", Journal of Meteorology, 1981, (pp. 802-812).
[20] S. J. Hook, The ASTER Spectral Library, Pasadena, CA: Jet Propulsion Lab., [Online]. Available: http://speclib.jpl.nasa.gov, (1999).
[21] J. A. Sobrino, and N. Raissouni, "Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring, Application to Morocco", International Journal of Remote Sensing, 2000, (pp. 353-366).

Evapotranspiration and water needs in olive orchards estimated to optimise the irrigation in Tunisia)

Amani Bchir[1], Hechmi Chehab[1], Fethi Ben Mariem[1], Raoul Lemeur[2], Mohamed Braham[1]

[1] Laboratoire d'Ecophysiologie; Institut de l'Olivier de Sousse, Tunisie, ameni.bchir@gmail.com
[2]Laboratoire d'Ecologie des Plantes; Université de Gent, Belgique.

Abstract

This experimental study conducted on irrigated olive trees (cv. Meski) in arid climate in Enfidha-Tunisia. This study aims to estimate the water needs of the Olive Trees for a possible optimization of irrigation.

To do this, a calculation of water requirements was performed by physiologic and climatic methods and compared to traditional irrigation practiced by farmer (T0). The physiologic method is based on the xylem sap flow (T1) and the climatic method is based on the reference evapotranspiration (T2).

The olive trees transpiration depends on solar radiation ($R^2 = 0.92$) and temperature ($R^2 = 0.86$). The transpiration of olive represents only 50% of the water regime provided under the standard 60% ET_0 (T2). Evaporation has only 15% of the dose. These results enabled us to conclude that the physiologic method (T1) allows optimization of water use (save 35% of water).

This study showed a good correlation between the reference evapotranspiration calculated by Penman-Monteith equation (PM) and that calculated by the equation of Priestley-Taylor (PT) ($R^2 = 0.96$). Similarly for transpiration calculated by these two models, we observed a highly significant positive correlation ($R^2 = 0.98$). Compare with transpiration measured by the method of dissipating heat, it was clear that the PT equation gives results closer than that given by the PM equation.

Keywords: Olive trees; Crop Evapotranspiration; Water requirements; Optimizing irrigation.

1. Introduction

A l'échelle agricole, et plus spécifiquement en oléiculture, il est nécessaire d'optimiser l'irrigation par une estimation réelle des besoins en eau. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'étudier certains paramètres climatiques et écophysiologiques liés à la culture l'olivier et son environnement. Ces paramètres permettent une meilleure gestion économe des apports hydriques, une augmentation de l'efficience de l'utilisation des eaux d'irrigation et ultérieurement la modélisation de l'évapotranspiration.

Dans ce contexte, plusieurs modèles ont été développés basés sur des paramètres climatiques et physiologiques. Les différents paramètres intervenants dans les modèles testés tels ceux de Penman-Monteith (Big leaf) et de Priestley- Taylor permettent une éventuelle modélisation des apports hydriques chez l'olivier. Ces équations testées et améliorées sont appliquées pour la modélisation de l'évapotranspiration culture chez l'olivier de table cv Meski conduit en intensif dans le périmètre irrigué de l'Office des Terres Domaniales d'Enfidha qui est caractérisée par une pluviométrie annuelle d'environ 350 mm/ an et par une évaporation de l'ordre de 1000 mm/ an. Pour ce faire, un calcul des

besoins en eau a été effectué par deux méthodes comparées à l'irrigation traditionnelle pratiquée par les agriculteurs (T0):

- la méthode physiologique basée sur le flux de sève xylémique (T1=100% flux de sève);
- et la méthode climatique (T2=60% ET_0).

2. Méthodes de calcul

Méthodes	Evapotranspiration de référence	Transpiration
Penman-Monteith (1998) [1]	$ET0 = \frac{0.408\,\Delta\,(Rn - G) + \gamma\,\frac{900}{T+273}\,U\,(ea - ed)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U)}$ (1)	$T = \frac{\Delta\,(Rn - G) + \rho a\,Cp\,\frac{ea - ed}{ra}}{\Delta + \gamma\,(1 + \frac{rc}{ra})}$ (2)
Priestley–Taylor (1972) [2]	$ETO = \alpha\frac{\Delta\,(Rn - G)}{\Delta + \gamma}$ (3)	$T = \alpha\frac{\Delta\,(Rn - G)}{(\Delta + \gamma)\,\lambda}$ (4)
Granier (1987) [3]		U = J.S (5)

Avec

R_n : radiation nette à la surface de la culture (MJ / m^2.jour) ;
G: flux de chaleur du sol (MJ/m^2.jour) ;
T : température moyenne à 2 m (°C) ;
U : vitesse du vent mesurée à 2m (m/s) ;
(ea-ed) : déficit pression de vapeur (kPa) ;
Δ : pente de la courbe de tension de vapeur (kPa/°C) ;
γ : constante psychrométrique (kPa/°C) ;
0.34 : coefficient du vent (s/m);
ρa : densité moyenne de l'air,
Cp: capacité calorifique de l'air,
rc : résistance du couvert végétal;
ra : résistance aérodynamique;
α une correction empirique pour notre cas on a utilisé α = 2;
λ: la chaleur latente de vaporisation (=2.45 MJ L^{-1});
J (m^3.s 1) densité de flux estimée par le suivi d'un coefficient K qui dépend de la différence de température entre les deux sondes du capteur, avec K = [T (0)- T (u)] / T (u) ;
T (0) différence de température à flux de sève nul,
T (u) : la différence de température à flux de sève de densité u ;
S (cm^2) est la surface conductrice du bois, elle est déterminée par coloration des coupes de génératrice après l'expérimentation.

3. Résultats et discussion.

3.1. Doses d'irrigation appliquées.

Pour les différents traitements T0, T1 et T2, les doses d'irrigation moyennes annuelles sont respectivement de 3000, 1500 et 3400 m^3/ha. En estimant l'évaporation au niveau des bulbes humectés par des microlysimétres, la dose T1 réellement appliquée est alors de 1800 m^3/ha.

3.2. Analyse des relations entre la transpiration et certains facteurs climatiques

Pour mieux évaluer l'interdépendance entre les paramètres climatiques et le flux de sève xylémique, les corrélations entre le flux de sève et certains paramètres climatiques tels que le rayonnement solaire et la température, ont été étudiés. Le flux de sève est très associé aux à l'évapotranspiration de référence et à d'autres paramètres climatiques comme la température de l'air et le rayonnement global [4]. La relation entre le flux de sève et le rayonnement solaire, évaluer par le coefficient de corrélation (R^2 = 0,92), montre un effet positif hautement significatif du rayonnement solaire sur le flux de sève (figure 1-a). La figure 1-b, présente la corrélation entre le flux de sève et la température moyenne de l'air. On enregistre une relation étroite entre le flux de sève et la température de l'air. En faite, on a un effet positif hautement significatif (R^2 = 0,86) de la température sur l'évolution du flux de sève.

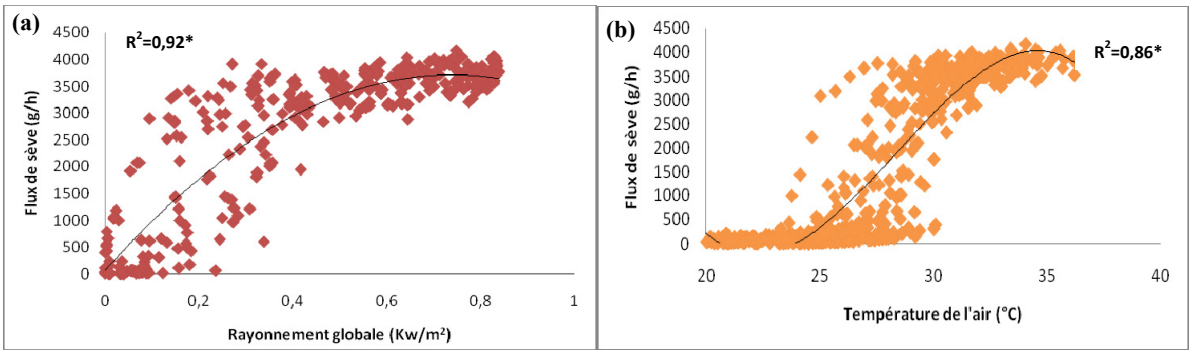


Figure 1: Evolution du flux de sève en fonction du rayonnement solaire global (a) et de la température de l'air (b) (** : la corrélation est significative au niveau 0.01).

3.3. Comparaison entre Dose, Transpiration et Evaporation du sol

Au cours de la période expérimentale, on a remarqué que pour le traitement T2 (60% de l'ET_0), la somme de la transpiration (en moyenne 55%) et de l'évaporation du sol (en moyenne 15%) est inférieure à la dose apportée. A partir de la figure 2, on peut conclure qu'environ 30% de la dose apportée se trouve non exploitée par la culture.

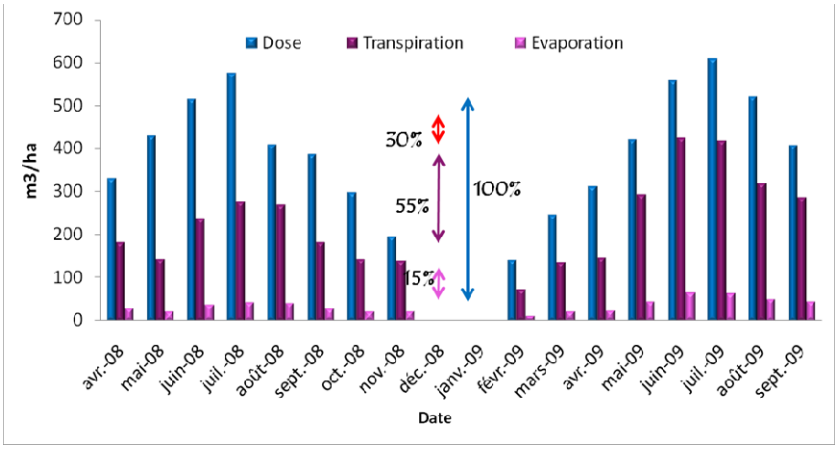


Figure 2 : Evolution de la dose, de la transpiration et de l'évaporation du sol au cours de période expérimentale pour le traitement 60% ET_0

3.4. Relation entre l'évapotranspiration de référence calculée par l'équation de Priestley-Taylor et l'équation de Penman-Monteith

La figure 3 illustre une corrélation linéaire hautement significative (R^2=0,96) entre l'évapotranspiration de référence (ET_0) journalière calculée par la formule de Penman-Monteith (ET_0-PM) et celle calculée par la formule de Priestley-Taylor (ET_0-PT). À partir de cette figure, on peut conclure aussi que les valeurs de l'ET_0 calculées par les deux méthodes sont très proches (ET_0-PT= 1,0005 ET_0-PM).

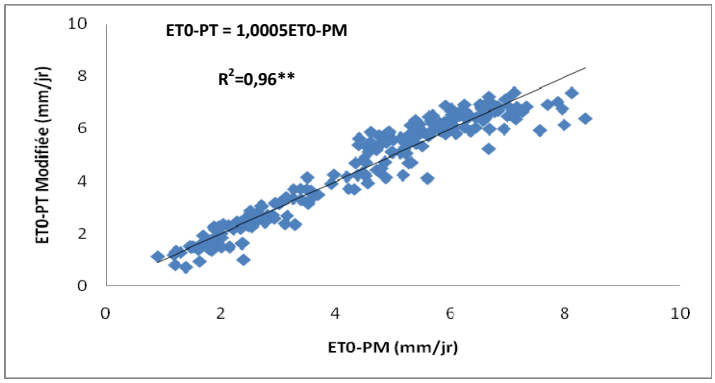


Figure 3: Corrélation de l'ET_0 calculée par l'équation de Priestley-Taylor et l'équation de Penman-Monteith. (** : la corrélation est significative au niveau 0.01).

3.5. Relation entre la transpiration calculée par l'équation de Priestley-Taylor et l'équation de Penman-Monteith

La variation de la transpiration calculée par le modèle de Priestley-Taylor (PT), en fonction de celle calculée le modèle de Penman-Monteith (PM), est représentée par la figure 4. Avec une correction empirique α=2, le modèle de Priestley-Taylor surestime la transpiration (d'environ 15%) par rapport aux valeurs trouvées par celui de Penman-Monteith. On note aussi qu'il y a une corrélation positive hautement significative entre les transpirations calculées par les deux modèles, avec un coefficient de corrélation R^2 de 0,98. Selon Priestley et Taylor (1972) [2], sous certaines conditions, le rayonnement solaire est suffisant pour la détermination de l'évapotranspiration et par la suite la détermination de la transpiration.

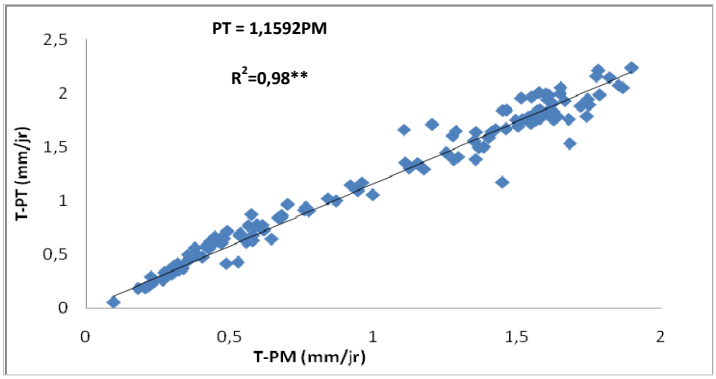


Figure 4: Corrélation de la transpiration calculée par l'équation de Priestley-Taylor et l'équation de Penman-Monteith (** : la corrélation est significative au niveau 0.01).

3.6. Relation entre la transpiration calculée et celle mesurée par la méthode de flux de sève

La figure 5 présente la relation entre la transpiration mesurée par la méthode physiologique d'une part et celles calculées par la méthode de Penman-Monteith et de Priestley-Taylor d'autre part. On a ici une corrélation linéaire et hautement significative entre les valeurs de transpiration calculées et les valeurs mesurées. Cette corrélation permet d'illustrer l'effet de certains facteurs climatiques (rayonnement solaire et la température de l'air en particulier sur l'état hydrique de l'arbre).

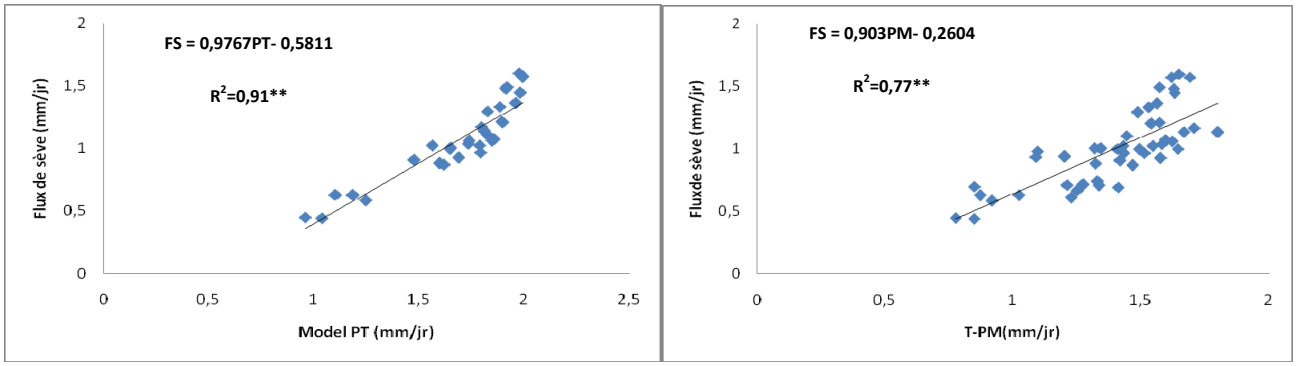


Figure 5: Corrélation de transpiration mesurée par la méthode de flux de sève et celle calculée; (a) par l'équation de Priestley-Taylor, (b) par l'équation de Penman-Monteith (** : la corrélation est significative au niveau 0.01).

4. Conclusion

L'étude de l'interaction entre le flux de sève et les paramètres climatiques montre que la transpiration est fortement contrôlée par le rayonnement solaire et la température de l'air. Ce qui est à l'origine de la concordance des résultats mesurés par la méthode de flux de sève et ceux trouvés par le modèle de Priestley-Taylor, qui fait intégrer en premier lieu la partie énérgitique (rayonnement net et flux de chaleur dans le sol).

Dans l'objectif de la dissémination de la méthode physiologique dans différents étage bioclimatique, le recours vers la modélisation de la transpiration en rapport avec les paramètres climatiques est un atout pour répondre aux besoins de la profession dans l'économie et la gestion des apports hydriques des cultures.

Références

[1] Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M., 1998. Crop évapotranspiration: guideslines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organaization (FAO), Rome Italy. 300 p.

[2]Priestley C.H.B., Taylor R.J., 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Rev. 100, 81–92

[3]Granier, A., 1987.Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. Tree Physiol. 3, 309-320.

[4]Rousseaux M.C., Figuerola P.I., Correa-Tedesco G., Searles P.S. 2009. Seasonal variations in sap flow and soil evaporation in an olive (Olea europaea L.) grove under two irrigation regimes in an arid region of Argentina. Agricultural Water Management 96, 1037-1044.

Impact of climate change on water resources of the Ouergha watershed (Rif, Morocco)

S, Boukrim[1], N, Sadkaoui[2], A, Lahrach[3], and A, Chaouni[4]

[1] Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, boukrim84@gmail.com
2 Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, nezhasadkaoui@yahoo.fr
[3] Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, abderrahimlahrach@gmail.com
[4] Geology Department, Polydisciplinary University, Taza, Morocco, alichaouni@yahoo.fr

Abstract. The Ouergha watershed covers an area of 7300 km^2 at the southern side of Rif Mountains. Its proximity to the Atlantic and Mediterranean climate has enabled the development of rich vegetation, and gives relief from being the rainiest area of Morocco. The impermeability of its land formed mainly of Cretaceous marls prevents this it from having groundwater resources. However, the water surface of this basin is vulnerable regarding several natural hazards, including climate change and anthropogenic activities.

The study focuses on the impact of climate change highlighted by a warming of 0.15 °C/year and a rainfall deficit of about 4 mm/year, observed since 1982 to 2008; period characterized by the driest years in the Ouergha watershed. The monthly flow rate is irregular and highly variable both in time and in space. The lithology and altitude are the most important factors that determine the response of watershed to rainfall received by irregular flows that are aggressive in winter, too weak or absent in summer. The comparison between the two periods: 1957/58-1982/83 and 1982/83-2007/08 shows that the decrease in stream flow following the same direction as changes in rainfall, which form the driving force of the flow water on the surface of the watershed. These water flows gauged at the Ouergha stations are decreased by reading the considerable hydrological deficits ranging from one station 40.8% to another 49.5%. The relationship between the blade the felled water and water runoff gaps shows a flow deficit of 368.27 mm during the 25 years of drought and thus 15.4 m3 / year. The runoff coefficient of 49.43% indicates that 50% of this water does not flow but surely evaporated and evapotranspired since it cannot penetrate underground.

This critical situation facing the water resources in the Ouergha watershed requires good management to minimize shortages especially with the increasing of meteorological drought, where a set of perspectives and recommendations are proposed.

Keywords: Climate Change, Water, Ouergha watershed, Rif, Morocco

1. Introduction.

The Ouergha watershed, settling almost 1/3 of the superficial waters of Morocco, is a site pilots for the study of impact of the climate change which train a real risk threatening water resources, especially in regions devoid of waters subterranean as case of this pond.

The objective of this study is to qualify and to quantify the impact of climate change on water resources in the Ouergha watershed; this is made by means of a statistical, illustrative and comparative study between two periods.

2. Physical characteristics of study area.

The Ouergha watershed covers 7 300 km2 of the Moroccan north atlantic, it occupies the main part of the Atlantic Rif foreland. (figure. 1).

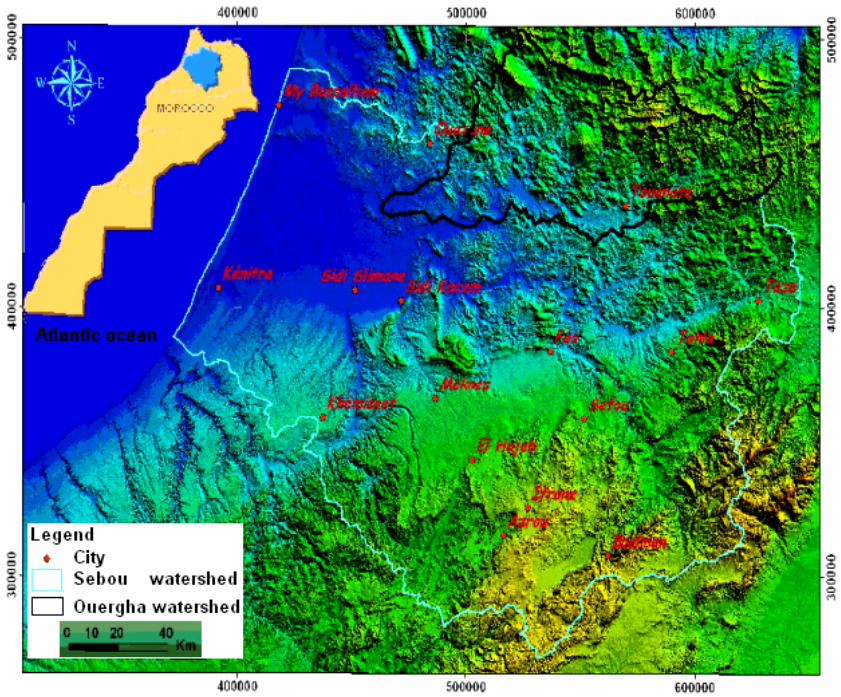


Fig. 1 Geographical situation of Ouergha watershed

The substratum of the watershed is essentially formed by clays and Cretaceous marls. These impervious formations prevent the infiltration of meteoric waters. The Ouergha has for indication of shape: 1,6; with 3 different topographic zones: High altitude (> 1500 m) ; middle altitude (500 to 1500 m) and hills and plains of valleys (< 500 m). The Ouergha watershed is subjected to a climate of Mediterranean type where succeeds one another a summer dry season and a wintry rainy season. The geographical situation, privileged by the Rifain Mountain, on which the Ouergha watershed extends over its major part, offers a rich and very varied flora (oaks, olive trees, cereal, and cedar). The river system of the watershed of Ouergha passes by on a length about 1486,5 km, the main tributaries of Ouergha are: S'ra, Amzaz, Aoulay and Aoudour.

The watershed contains four dams, of the lover towards the approval: Asfalou, Bouhouda, Sahla and Al Wahda.

3. Climat parameters

The annual average temperature registered in Ouergha is the order of 19°C (from 1982/83). The strongest values humidity are registered in December and January (> 80 %), on the other hand they do not exceed 55 % in the months of July and August: The annual average humidity is 71,71 % allows to class Ouergha as a wet zone. The potential evapotranspiration varies of 22 mm (in January) in 162,3 mm (in august). The monthly evaporation takes its maximal values of June in september, while it achieves in december and in January the lowest values. The indication of aridity of Martonne and the pluviometric indication of Morale are the order of 31 and of 1,87, what qualifies the Ouergha as zone subhumide in wet. The ombrothermic diagram of Gaussen (figure. 2) shows that the wet period extends of november in mars month, The wettest month is in december when the distance between both peaks is maximal.

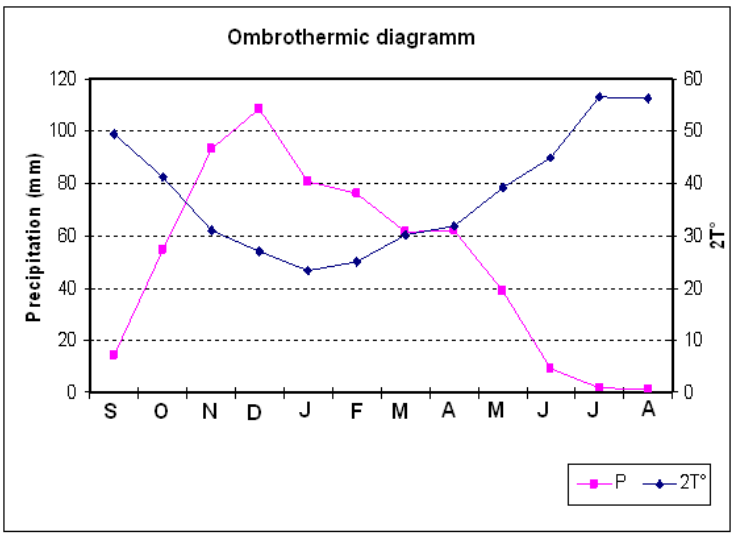


Fig. 2 Ombrothermic diagram of Gaussen

The map of the distribution of the pluvial index (figure.3) allows distinguishing zones homogeneous of the watershed of Ouergha: zone I: left the East; Zone II: left the North and Northwest; Zone III: left the South - the West.

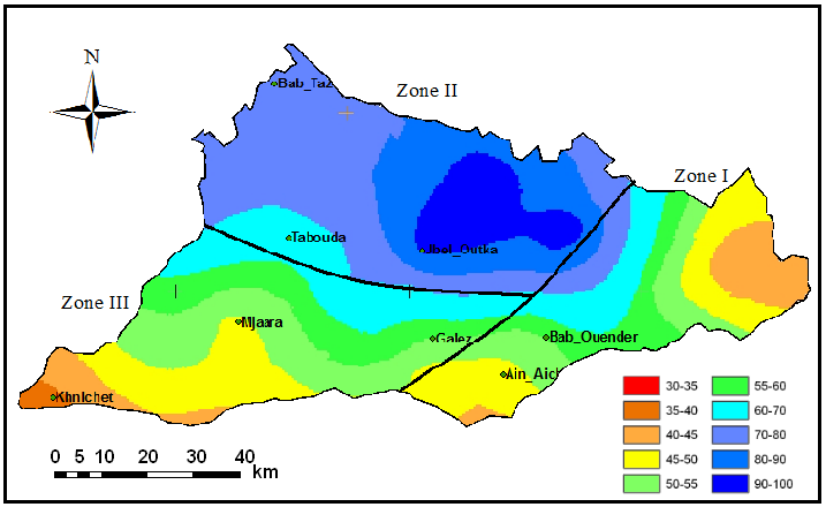


Fig. 3 Pluvial index distribution between the homogeneous zones [1]

4. Highlight climate change

4.1. Thermal and pluviometric evolution

To bring to light the climate change which knows a region, we study the evolution of the temperatures and the pluviometry measured in the various meteorological stations of this region [2].

The temperatures in the pond of Ouergha (Fig. 4) shows an increase according to the equation of the linear regression Y = 0,25X + 17,51 (between 1986/1987 and 1998/1999) by drawing a reheating about the 0,15°C / year, while rain (Fig.4) is variable with a clear tendency towards the decrease, and a spatial variability from a station to the other one, the local conditions of which condition the answer to the weather conditions.

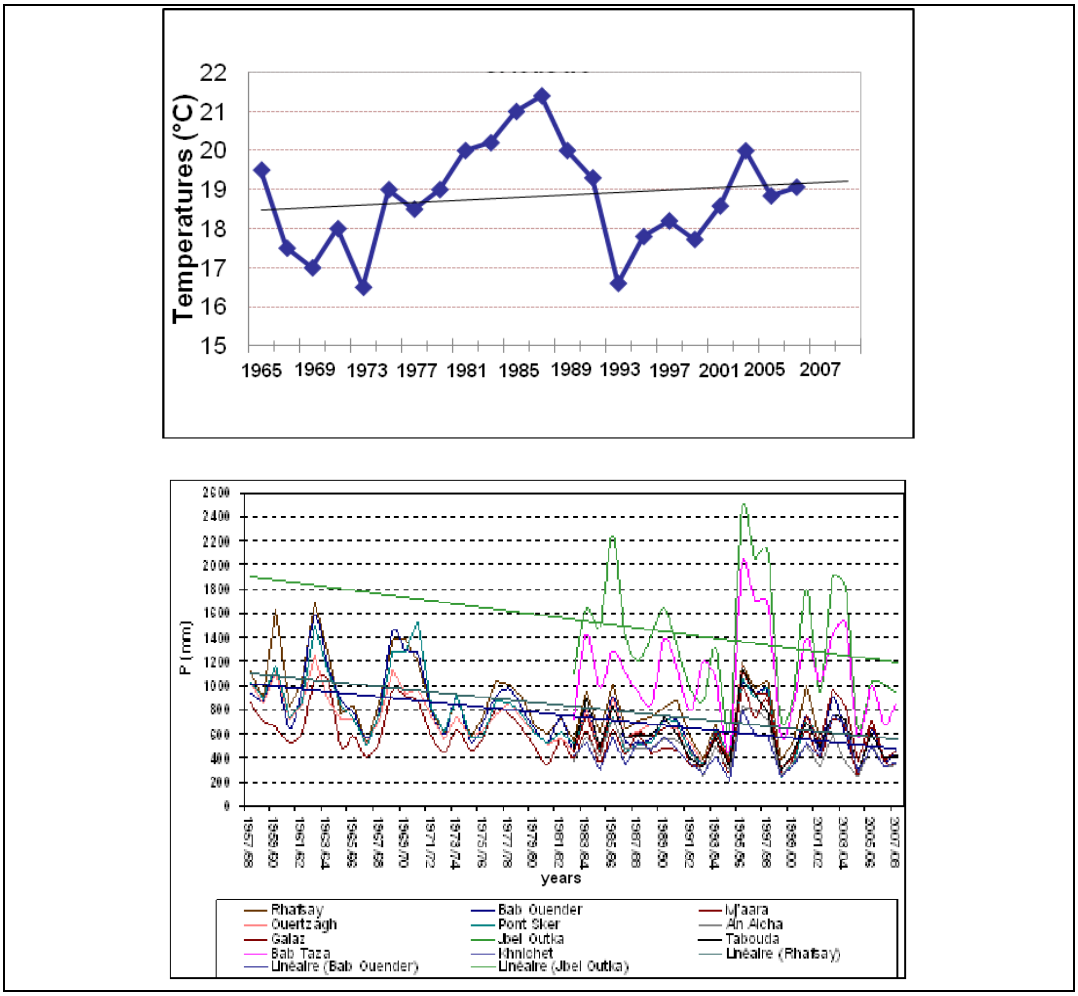


Fig. 4 Evolution of the temperatures and the annual rainfall in the Ouergha watershed

4.2. Revealing of the meteorological drought

The figure 5 shows the existence of two periods:

- A period of strong rainfall with dominance of the wet years (dominance of the years positively spread in the average of 1957/58 until 1981/82;

- A period of low rainfall with dominance of the dry years (negatively spread in the average) from 1982/83.

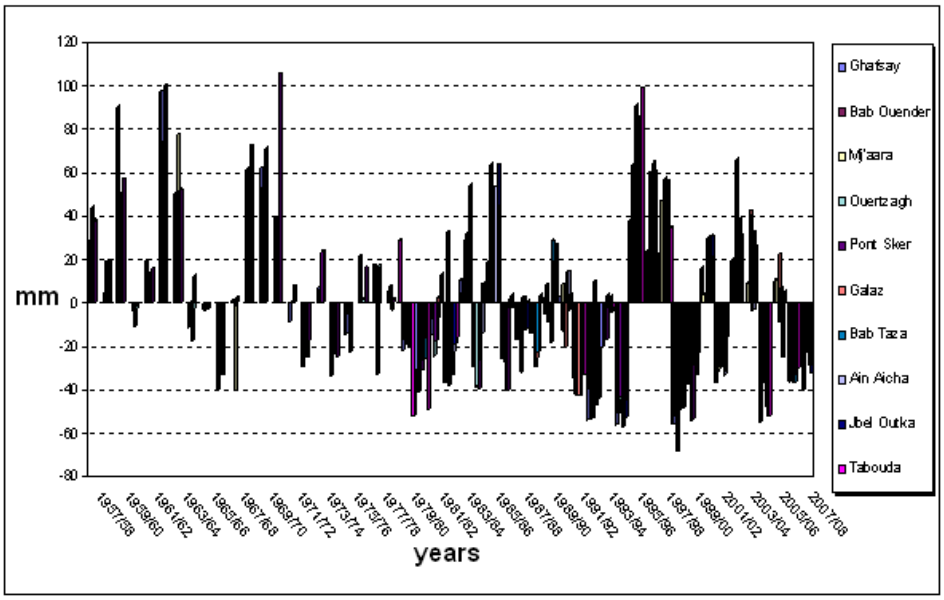


Fig. 5 Evolution of the deviation from the average annual rainfall recorded at Ouergha watershed

4.3. Evolution of the meteorological drought

To follow the aridity we make the comparison between the number of the dry years and that of the wet years, [3] (figure.6), show a dominance of the dry years during the second period, contrary in the first one.

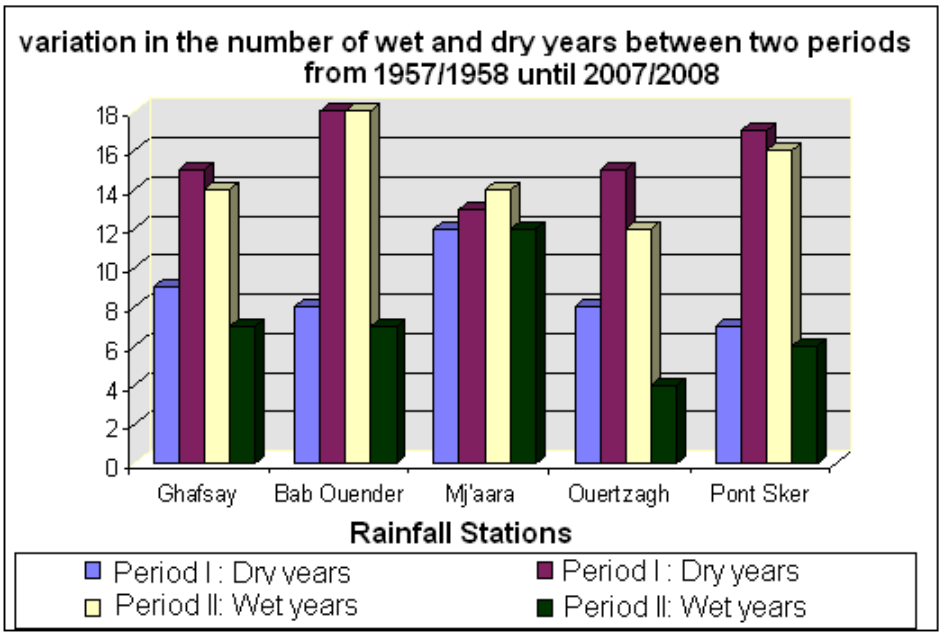


Fig. 6 Meteorological drought between two periods

The regression of rainfall and the enfeeblement of the meteorological drought will have a negative impact on the flow and the water resources in the pond overturning of Ouergha.

4.4. Pluviometric deficit

The comparison between the blades of water fallen during two periods (by 3 methods: average arithmetic, the polygons of Teissen and the map of isohyets showed a rainfall deficit during the second period: 93,4 mm / 25ans (so 3,74 mm / year).

5. Impact of climate change on water resources

5.1. The revealing of the hydrological deficit between two period

The annual average debits gauged at the level of the stations of Ouergha were decreased by drawing considerable hydrological deficits oscillating between 40,8 % and 49,5 %.

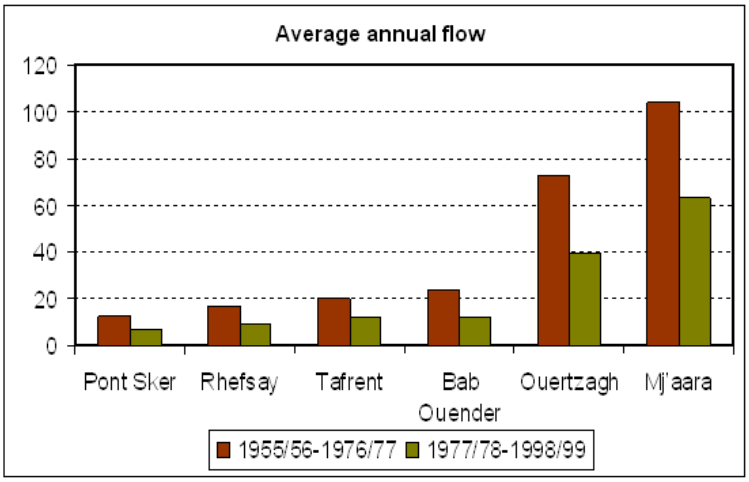


Fig. 7 Evolution of the average annual flow between two periods

This decrease of the debits could be connected to the rains which trains the driving strength of the flow of waters on the surface of the pond (figure.7).

5.2. The revealing of the hydrological aridity to Ouergha

We study the variability of the annual debits to distinguish the superfluous years of the overdrawn years.

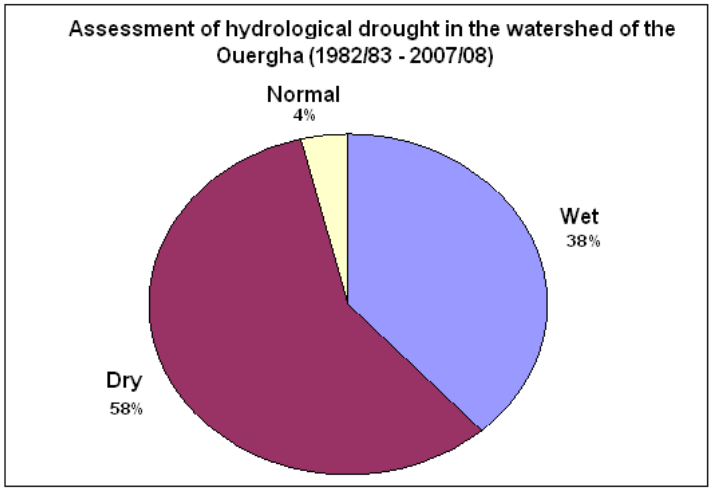


Fig. 8 The rates of deficit years (1982/83-2007/08)

The figure 8 shows an abundance of the hydrologically deficit of flow with regard to superfluous years [4].

5.3. Blade of sold water and deficit of flow of period dries

The blade of water sold (Ec) of dry period varies of 189,4 mm (station de Bab Ouender) to 569,8 mm (station de Galaz).

The report enters blade of water fallen and streamed during dry period, shows a deficit of 368,27 mm flow, average of 15,35 m3 / years, the coefficient of 49,43 % streaming. What shows that 50 % of water was not sold but certainly evaporated.

6. Conclusions.

The study of the climate change of the Ouergha watershed shows that it's the seat since 1982, for an reheating of the 0,15°C / year which provoked a strong evaporation and an evapotranspiration (493mm / year).

The study of the rainfall registered since 1956/57 made distinguish a wet period (1956/57 - 1982/83) of dry period (1982/83 in 2007/08) in the course of which 58 % of the years are dry with a rainfall deficit of 3,75 mm / year, which caused a hydrological deficit from 40,8 % to 49,5 % and a deficit of flow of 15,35 m3 / year.

The coefficient of streaming: 49,5 % indicating that 50 % of rainwater were evaporated.

The global warming and the rainfall regression are added to the intrinsic conditions of the pond of Ouergha (impermeability of grounds) to increase its vulnerability in the water shortage and oblige us to adapt good methods of management of meteorological waters.

References

[1] Agency of the Hydraulic Pond of Sebou, “Study of updating of the main plan of arrangement integrated by the water resources (PDAIRE) of the hydraulic pond of Sebou”. Mission I, 129 p., 2006.

[2] Lebourgeois F., Granier A. & Bréda. N., “An analysis of the regional climate change in France between 1956 and 1997: reflections in terms of consequences for the forest ecosystems”. INRA, EDP Sciences, 2001, pp. 733-754.

[3] Morel R., “The aridity in western Africa”. Revised geography of Lyon, Sahel, flight 70, 1995, N 3 4, pp. 215-222.

[4] Medjerab A., “Pluviometric Study of Western north Algeria “statistical Approach and cartographic automatic”. Doctoral thesis in climatology, Houari Boumediene University, Algeria, 2005, 705p.

Exploitation du SIG pour l'évaluation de la vulnérabilité par rapport à la pollution intrinsèque des eaux souterraines de la nappe de Fès-Meknès en impliquant les méthodes DRASTIC, PRK et GOD, (Maroc)

N, Sadkaoui[1], S, Boukrim[2], A Lahrach[3], and A, Chaouni[4]

[1] Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, nezhasadkaoui@yahoo.fr
[2] Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, boukrim84@gmail.com
[3] Geology Department, Sciences & Technology University, Fez, Morocco, abderrahimlahrach@gmail.com
[4] Geology Department, Polydisciplinary University, Taza, Morocco, alichaouni@yahoo.fr

Résumé. Les eaux souterraines de la plaine de Fès-Meknès constituent une ressource majeure de la région. Notre étude met l'action sur l'importance de cette ressource surtout sur son caractère irremplaçable. Cependant, un certain nombre de constats de pollution ponctuelle ou diffuse ont été faits. En effet, il est nécessaire d'appréhender la vulnérabilité en termes de sensibilité à la pollution, pour comprendre et remédier à des situations passées, mais aussi prévenir des situations futures. Ces objectifs constituent une base pour la réalisation de notre étude, cette dernière permet d'évaluer la qualité de ces eaux en s'appuyant sur les caractéristiques du milieu (exemple : la perméabilité, la topographie, la lithologie, la profondeur de la nappe…etc.). Des cartes de vulnérabilité sont élaborées par les modèles DRASTIC, PRK et GOD afin d'identifier les zones à haut risque de contamination et de subdiviser le secteur d'étude en plusieurs unités qui ont des niveaux différents de vulnérabilité.

Mots clés : nappe phréatique, vulnérabilité, contamination, eaux souterraines, DRASTIC, PRK, GOD

1. Introduction.

Les villes de Fès et Meknès sont confrontées, à cause de l'accroissement de la demande en eau et l'activité humaine, à deux défis essentiels qui sont : l'épuisement des ressources en eau ; ainsi que la dégradation de ces ressources à cause des différentes formes de pollution. Ainsi, la diversification et l'augmentation de la quantité de polluants rejetés sans traitement détériorent grandement le milieu naturel et engendrent des risques pour la santé.

Les deux régions urbaines Fès et Meknès se situent au niveau du bassin de Saîss. Elles jouent un rôle déterminant dans le développement socio-économique de la région et du pays, et sont considérées au premier rang parmi les grandes villes du pays de par leurs potentialités économiques, agricoles, artisanales, touristiques et commerciales. Cependant, elles connaissent plusieurs difficultés pour la préservation de ses ressources en eau, qui constituent un vrai frein devant leurs développements durables. Les eaux souterraines de la plaine de Fès-Meknès constituent une ressource majeure de la

région. L'étude met l'action sur l'importance de cette ressource surtout sur son caractère irremplaçable. Cependant, un certain nombre de constats de pollution ponctuelle ou diffuse ont été constatés.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1. Contexte géographique

Le bassin de Saîss, constitue l'un des sous bassins du Sebou, il s'étend sur une longueur de 100 Km environ et une largeur de 30 Km. entre les coordonnées Lambert :

$$465 < X < 545 \text{ km} \qquad \text{et} \qquad 335 < Y < 385 \text{ km}.$$

Il est limité au Nord par le Pré-rif, à l'Est par la vallée de l'oued Sebou, à l'Ouest par les affluents de l'oued Beht et au Sud par les Causses du Moyen Atlas. Ce bassin comprend deux unités structurales, la plaine du Saîss à l'Est et le plateau de Meknès à l'Ouest.

2.2. Cadre Géomorphologique et Géologique

Sur le plan géomorphologique, le bassin de Fès-Meknès est une dépression aplatie entourée de régions à surfaces topographiques tourmentées (rides pré-rifaines, les causses moyens atlasiques, Maroc central.).Un accident topographiquement franc (dénivelée de 100 à 150 m), d'orientation globalement WNW-ESE appelé flexure d'Ain Taoujdat, tourné vers le NE, dénivelle nettement deux paliers : le plateau de Meknès à l'Ouest et la plaine de saîss à l'Est abaissée par rapport au premier [1].

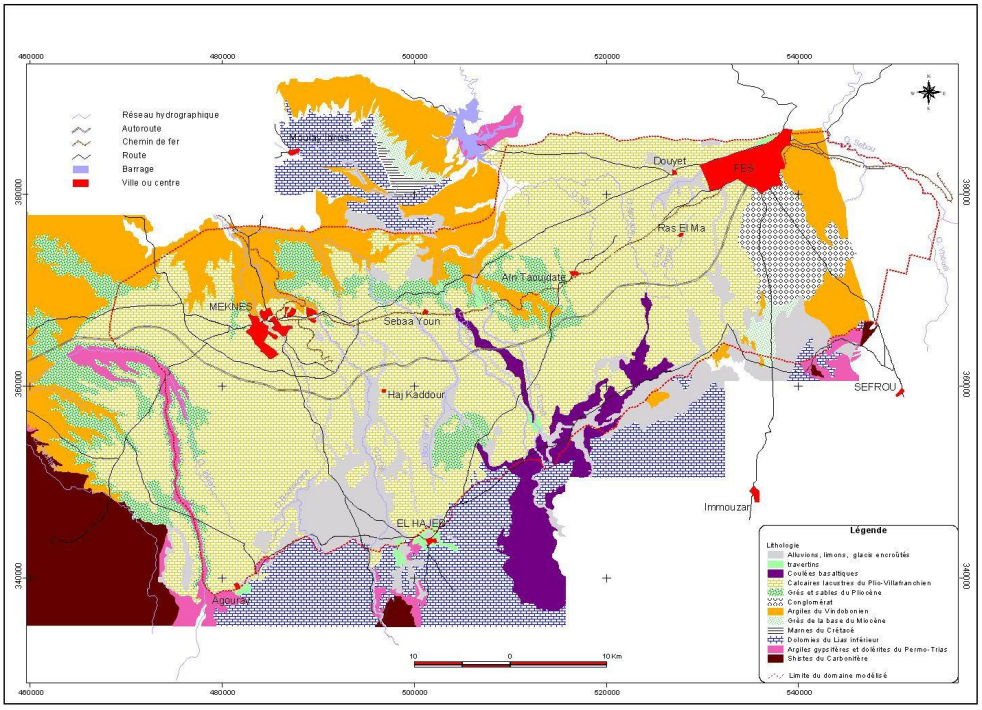


Fig 1 Carte géologique du bassin de Fès-Meknès (ABHS, 2005) **[2]**

De point de vue géologique, le substratum du bassin est formé essentiellement par les dolomies et les calcaires du Lias, et localement par les argiles du Trias ou les schistes du Primaire (Figure 1). La série

stratigraphique du bassin se présente comme suit : le Primaire, le Permo-Trias, le Lias, le Dogger et le Miocène.

2.3. Contexte climatologique

Le climat est considéré comme un facteur primordial qui influence sur les cycles hydrologique et hydrogéologiques d'une région donnée. En effet, Le climat de la région de Fès-Meknès peut être considéré comme semi-aride à hiver tempéré mais à régime semi-continental.

2.4. Cadre hydrologique

Le bassin de Fès–Meknès a un réseau hydrologique peu développé, du fait de sa nature karstique du Moyen Atlas tabulaire. En effet, le secteur d'étude est découvert par plusieurs :

2.4.1. Oueds tels que: Oued El Kell, Oued R'Dom, Oued Mikkès et Oued Fès, qui coulent généralement du SSE au NNW sauf l'oued Fès qui coule du l'Ouest vers l'Est (Figure 2).

2.4.2. Sources : Le bassin de Fès-Meknès dénombre plusieurs de sources du faite de l'encaissement des cours d'eau surtout dans le plateau de Meknès et en bordures des vallées (Figure 3). Ces sources sont caractérisées par la variabilité de leurs débits (quelques l/s à plus d'un m3/s); ainsi que par leur origine qui peut être la nappe phréatique, profonde ou mixte (exemple : sources thermales de Sidi Harazem ; 30 à 33°C, Moulay Yaâcoub ; 54 °C et Askhounat ; 38°C).

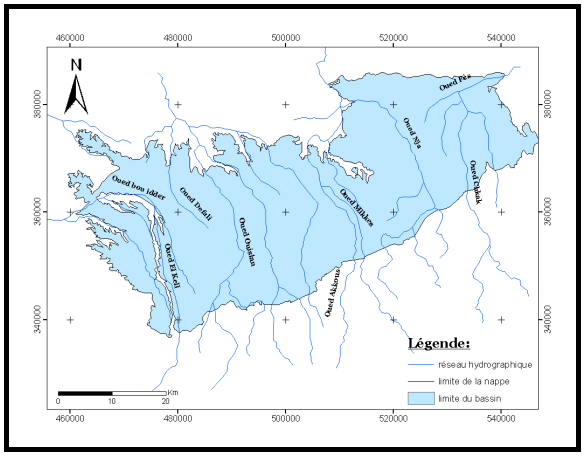


Fig. 2 Les principaux oueds de la région de Fès – Meknès.

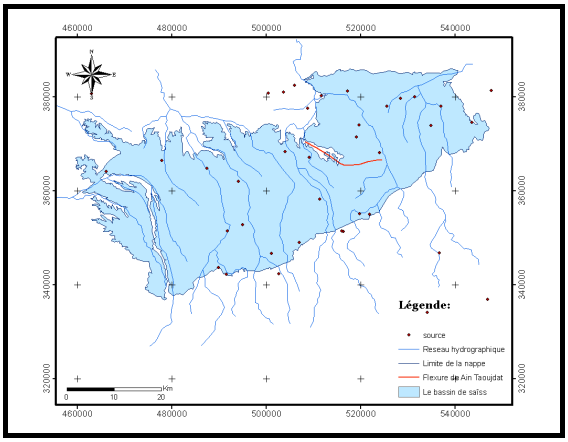


Fig. 3 La localisation de quelques sources sur le bassin de Fès – Meknès.

2.4.3. Dayas : L'endoréisme dans la zone d'étude se manifeste par la présence de deux lacs naturels : l'étang de Douyet et dayet El Kochtam.

2.5. Cadre hydrogéologique

Sur le plan hydrogéologique, le bassin versant fait l'objet de plusieurs études, vu son potentiel hydrique importants et son activité. Il renferme deux nappes d'intérêt inégal et qui sont comptés parmi les principaux systèmes aquifères du Maroc:

- La nappe phréatique : qui circule dans des sables, conglomérats et par endroits dans les calcaires lacustres du Plio-Villafranchien. Sur le plan hydrodynamique, l'alimentation de cette nappe se fait à travers l'infiltration pluviale, par le drainage de la nappe profonde et par les retours d'eau d'irrigation. Et elle constitue le réservoir le plus accessible de la région de Fès-Meknès.

- La nappe profonde : qui circule dans les calcaires dolomitiques du Lias et se met en charge sous l'épaisse série de marnes imperméables du Miocène. Cet aquifère présente une zone d'artésienisme importante, cependant son exploitation excessive provoque un recul de sa zone d'artésienisme.

Ces deux nappes sont séparées par une épaisse série de marnes d'âge Miocène

3. Elaboration des cartes de vulnérabilité intrinsèque de la nappe de Fès – Meknès

3.1. Méthodologies adoptées

La cartographie de la vulnérabilité intrinsèque à la pollution des eaux souterraines est considérée comme une technique efficace avec un coût moindre permettant : l'identification des zones à haut risque de contamination ; la subdivision de secteur d'étude en plusieurs unités qui ont des niveaux différents de vulnérabilité. ; une meilleure gestion de la nappe ; ainsi que des interventions rapides et appropriés en cas de pollution afin d'assurer une eau de bonne qualité.

En effet ; ce type de travail se base sur le traitement d'un grand nombre de données en relation avec les horizons géologiques situés entre l'aquifère et la surface du sol. Les étapes suivies lors de la réalisation de ces cartes sont : la collection et l'acquisition des données ; le traitement et la cartographie de ces données ; et l'exploitation des résultats pour l'identification des zones vulnérables.

3.2. Sélection et application

L'étude bibliographique montre la diversité des approches utilisées et des critères pouvant être pris en compte pour estimer ou cartographier la vulnérabilité des eaux souterraines aux pollutions d'origine superficielle. Néanmoins, deux facteurs sont considérés : Le vecteur de pollution, ou transit des polluants depuis la surface du sol jusqu'à la nappe ; et la cible, ou la nappe où se propage les polluants.

Cependant, parmi les méthodes de cartographie les plus pertinentes vis-à-vis des réalités de terrain en prenant en considération l'importance d'influence de chaque critère sur la vulnérabilité générale de la nappe, se trouvent les méthodes DRASTIC, PRK et GOD. Elles sont aussi les plus reconnues et utilisées à l'heure actuelle.

3.3. Méthodes

3.3.1. Méthode de DRASTIC :

Cette méthode représente un système de cotation numérique basé sur la considération des différents facteurs influençant le système hydrogéologique et prend en compte les 7 paramètres suivants [3] : D : Depth to groundwater (la profondeur de la nappe); R : Recharge (recharge naturelle); A : Aquifer media (nature de la zone saturée) ; S : Soil media (nature du sol) ; T : Topographie (topographie, pente en %) ; I : Impact of the vadose zone (nature de la zone non saturée) et C : Conductivity (perméabilité de l'aquifère). L'index de vulnérabilité final (Di) est la somme pondérée des sept paramètres.

De ce fait ; Les cartes obtenues permettent de visualiser le degré relatif de vulnérabilité d'un secteur de la zone étudiée. Ainsi que le potentiel de pollution augmente dans le même sens que l'index. Plus le résultat final est élevé, plus la nappe est vulnérable.

3.3.2. Méthode de PRK :

A ce deuxième modèle conceptuel, seules les approches ou paramètres physiographiques et hydrogéologiques sont considérés. Ainsi, la coupe lithologique considérée est compartimentée en trois zones seulement : la surface du sol (S.S.) ; la zone non saturée (Z.N.S.) dans son large sens et la zone

saturée (Z.S.). Dans chacun de ces compartiments, les paramètres retenus sont : La pente topographique (P) ; le rapport (R), représentant la variation de l'amplitude des fluctuations du niveau piézométrique par rapport à l'épaisseur de la zone non saturée ; et la perméabilité de la formation aquifère (K). D'où le terme générique P.R.K. [4].

3.3.3. Méthode de GOD :

Ce modèle nécessite moins de paramètres et à pour but de réaliser une estimation rapide de la vulnérabilité d'un aquifère. Les trois critères à laquelle se base sont : Groundwater occurrence (Type de nappe) ; Overall aquifer class (Type d'aquifère en termes de facteurs lithologiques) ; ainsi que le Depth to groundwater table (Profondeur de la nappe). L'indice de vulnérabilité est obtenu par la multiplication des indices de chacun de ces trois paramètres :

4. Résultat et interprétation

L'interprétation des cartes de vulnérabilité de la nappe de Fès-Meknès ainsi élaborées se fait grâce à l'appréciation de la répartition des différents degrés de vulnérabilité en fonction de la superficie. Cette répartition est réalisée par l'intermédiaire de couleurs méticuleusement choisis en fonction de l'indice de vulnérabilité.

4.1. Pour la méthode DRASTIC

La carte élaborée montre que la vulnérabilité moyenne occupe une grande superficie et répartisse sur tout le bassin. La vulnérabilité élevée est identifiée dans la plaine de Fès avec une vulnérabilité extrême au Sud en contact avec les causses moyens atlasique. La vulnérabilité faible à très faible se localise surtout dans le plateau de Meknès et se concentre généralement au Nord-Ouest de la nappe (figure 4).

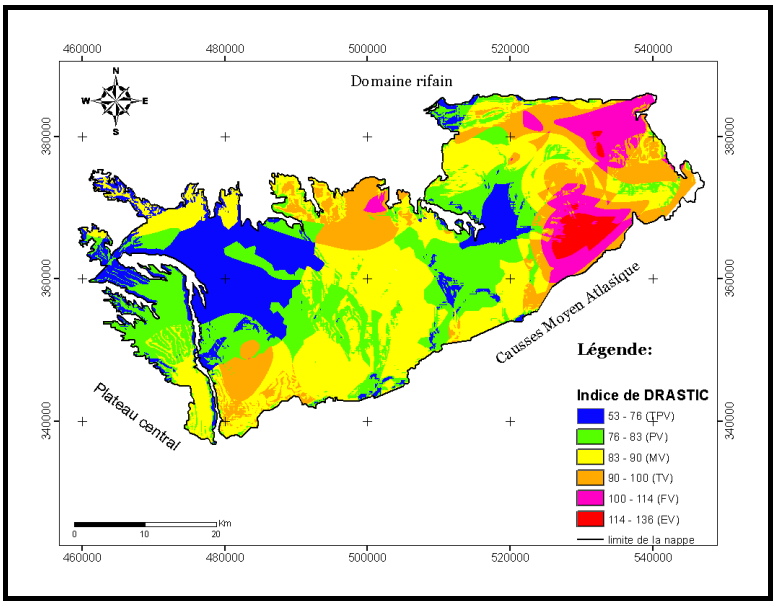


Fig. 4 Carte de vulnérabilité intrinsèque de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès selon la méthode DRASTIC

4.2. Pour la méthode PRK

Les notes allouées à chaque critère pour cette méthode ont permis d'évaluer la distribution spatiale du degré de vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution. En effet, les degrés de

vulnérabilité les plus élevés sont localisés essentiellement au Sud du plateau de Meknès. Les zones à vulnérabilité moyenne occupent la parties centrale de la plaine de saîss et au Nord-Ouest du plateau de Meknès, alors que les faibles degrés représentent le reste du bassin (figure.5).

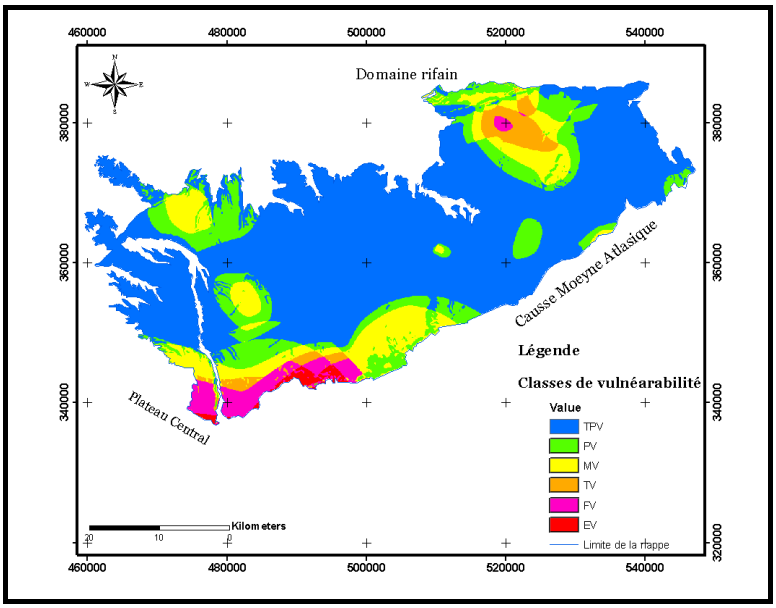


Fig. 5 Carte de vulnérabilité intrinsèque de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès selon la méthode PRK.

4.3. Pour la méthode GOD

La distribution spatiale de la vulnérabilité intrinsèque du système hydrogéologique montre trois classes de vulnérabilité : une vulnérabilité forte (VF) au centre et aux bordures du plateau du Meknès, une vulnérabilité moyenne (VM) qui occupe une grande partie du bassin et une vulnérabilité faible (VF) négligeable (figure. 6) .

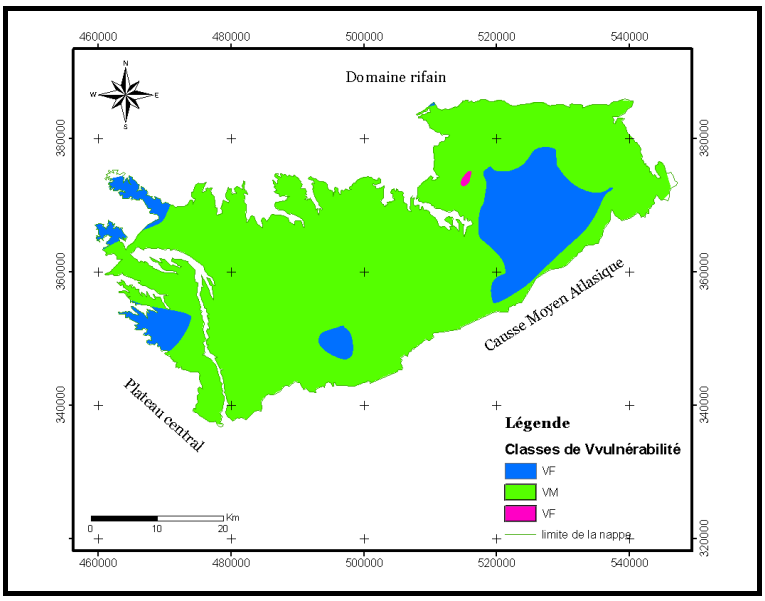


Fig. 6 Carte de vulnérabilité intrinsèque de la nappe phréatique du bassin de Fès-Meknès selon la méthode GOD

5. Conclusion

L'étude fait l'état de l'évaluation de la vulnérabilité d'aquifère de la nappe de Fès Meknès. Elle consiste à évaluer la sensibilité des ressources en eau à la pollution à partir de la surface du sol, trois méthodes (DRASTIC, PRK et GOD) ont été appliquées.

Les résultats obtenus indiquent que la zone d'étude présente en gros trois zones de degrés de vulnérabilité différents. D'abord les zones de moyenne et de faible vulnérabilité qui occupent respectivement les grandes superficies, puis les zones à forte vulnérabilité avec moins de superficie.

Références :

[1] F. Amraoui, "contribution à la connaissance des aquifères Karstiques cas du Lias da la plaine du saîss et du causse moyen atlasique tabulaire", Thèse de Doctorat d'état, Université Hassan II Ain Chock, Faculté des Sciences, Casablanca, Maroc (2005), 249p.

[2] Agence Bassin Hydraulique de Sebou (ABHS), 2005, "Etude de modélisation des nappes de la plaine de Fès-Meknès". Mission III : Etude de la vulnérabilité des nappe à la pollution, simulation des transfères des polluants et proposition des schémas de gestion optimum des ressources en eau des nappes de la plaine de Fès-Meknès, 74p.

[3] H. Talib "Étude de la vulnérabilité à la pollution de la nappe du Gharb", Mémoire de fin d'étude, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès, (Maroc), 2005, 59p.

[4] O. EL Aroussi, "Evaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution en moyennant de SIG, application à la nappe plio-quaternaire au niveau de la plaine de Saîss", mémoire de fin d'étude DESA, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques, Fès, (Maroc), 2007, 97p.

Etude et caractérisation des effluents liquides d'unités industrielles du domaine de l'industrie agroalimentaire en vue de la minimisation des flux polluants

S, Fellah[1], A, Chafi [2] et B, Attarassi [1]

[1] Département de biologie, Université Ibn TOFAÏL, BP. 133, code postal : 14000 Kenitra, Maroc, sophiafellah@hotmail.fr, attarassi@hotmail.com

[2] Faculté des Sciences, Université Mohammed Premier, BP 717, code postal : 60000 Oujda, Maroc, chafihafid@yahoo.fr

Abstract. Municipalities consider that industrial effluents threaten the water quality they provide. Meanwhile, pollution has also a direct economic impact on fisheries. Industries in developed and developing, consuming pure water, in turn noted that the safety of their water is increasingly affected by water scarcity and deteriorating quality.

Many of governance initiatives, legislative and institutional, already exist at international and national as well as the industrial sectors and individual companies. This says much work must be carried out to determine the quantitative and qualitative impact of industry on our resources and focus on water resources.

Keywords: water saving, physic-chemical parameter, protection of the environment

1. Introduction.

Au cours des deux dernières décennies, des efforts considérables ont été déployés par le Maroc pour améliorer les services d'eau et d'assainissement en milieux urbain que rural, et en vue de préserver ses ressources hydriques.

Cependant, les phénomènes qui contribuent à la dégradation de la qualité de l'eau et par suite à la perturbation de tout l'écosystème se multiplient et s'intensifient. Le rejet des eaux industrielles usées chargée en substances polluantes, dans le milieu récepteur, sans aucun traitement préalable, est un motif de préoccupation croissant compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur l'environnement et la santé.

Dans le présent travail, nous avons étudié les effluents liquides d'unités industrielles du secteur agroalimentaire, en vue de proposer des solutions de minimisation et de valorisation des rejets liquides en vue de réduire leurs impacts environnementaux.

2. Etude des rejets liquides

2.1 Présentation du secteur étudié : L'industrie agroalimentaire

Le secteur de l'industrie agro-alimentaire représente 33,8% (**114 unités**) du total du tissu industriel de la Région Orientale. Il emploie environ 28% (**1923**) de l'effectif industriel des employés et génère près de **1730163 Dhs de chiffre d'affaires**. Il est l'une des filières incontournables, vue le potentiel agricole de la région (filière ovine, oléicole, agrumes, pêche, aquaculture, plantes aromatiques…), la disponibilité de la main d'œuvre et la valeur ajoutée susceptible d'être créée.

Cependant, il produit à lui seul 33400 t/an de déchets dont 400 t/an de déchets dangereux. Les rejets liquides quant à eux été étudié au niveau de la MOULOUYA sans déterminer l'origine et l'impact de chaque zone industrielle ou urbaine à cette pollution, d'où l'importance d'étude ciblées sur les différents secteurs de l'industrie, afin de proposer des solutions qui participeront à la diminution des impacts [1].

2.2.1 Choix des unités

Suite à l'analyse du parc industriel et tenant compte du nombre d'entreprises représentées et des effectifs, et vue l'indisponibilité des informations en relation avec la production, tout en considérant les objectifs finaux de notre étude, nous avons pris comme critère de choix :

- La taille de l'unité en se basant sur l'effectif.
- La volonté de l'industriel à participer.
- L'importance de l'audit QSE pour l'étude.

Les unités suivantes ont été retenues :

Unité	Effectif
Conserverie de poissons	900
Unité de préparation et de conditionnement de boissons gazeuses	500
Unité de préparation et conditionnement de lait et de produits laitiers	290

Tableau 1. Unités retenues pour l'étude des effluents liquides en industrie

2.2 Analyse qualitative des procédés

Les différentes étapes des procédés de fabrication ont été analysées de point de vue impact environnemental, cela pour déterminer les sources de pollution liquide qui demandent une attention particulière en terme de prise en charge et d'opportunité d'optimisation. Les résultats de cette analyse montrent que les phases de nettoyages des installations sont les étapes incriminées dans la production d'effluents liquides.

2.3 Analyse quantitative des effluents

Après un suivi de 12h en haute saison des rejets d'usinage, les paramètres physico-chimiques de ces derniers ont été déterminés.

Les valeurs de pH peuvent oscillaient d'une valeur acide à très alcaline dans les trois unités, quant à la conductivité, elle peut passer d'une valeur à son double. Cela peut s'expliquer par la variation de l'activité au cours d'une même journée, ainsi chaque unité doit traiter des effluents à paramètres physico-chimiques variables et instables. Tous les paramètres dépassent les limites fixées par la norme marocaine des rejets directs à quelques exceptions dans l'une des unités comme la valeur des MES dans l'unité de production et conditionnement des boissons gazeuses qui est de 29 mg/L, mais qui parallèlement est de 1310 mg/L dans l'unité de mise en conserve de poissons soit 26 fois plus que la valeur autorisée. L'unité de mise en conserve des poissons est l'unité qui présente des effluents à forte charge polluante, suivie de l'unité de préparation de lait et produits laitiers. Le taux des huiles et graisses dépasse respectivement de près de 44 fois et 11 fois la norme autorisée, de 30 mg/l. les huiles empêchent l'apport en oxygène et favorisent ainsi le développement de conditions anaérobies [3]. L'azote kjeldal total est un indicateur de pollution du mileiu et permet de suivre l'évolution des contaminants [4]. Sa valeur est très élevée dans l'unité de préparation du lait et des produits laitiers, soit plus de 17 fois la valeur normalisée. Les paramètres chlore, calcium et sodium indicateurs de pollution dépassent les normes de rejets. Dans l'eau, le chlore forme avec l'azote organique des chloramines et des chlorophénols toxiques [5]. La salinité est liée essentiellement au rejet des eaux de lavage de l'équipement de l'usine. Les valeurs enregistrées sont relativement élevées, pouvant causer des problèmes d'agressivité au niveau des canalisations. Au-delà d'une conductivité de 3000 mS/cm, les conditions sont défavorables pour un équilibre écologique normal [6]. Les valeurs enregistrées pour la conductivité dépassent 2000 mS/cm

Unité industrielle	ΔpH	ΔConductivité (mS/cm)	DBO5 (mg O_2/l)	DCO mg O_2/l)	MES (mg/l)	NTK (mg N/l)	PT (mg P/l)	HG (mg/l)	Chlorures (mg/l)	Ca^{2+} (mg/l)	Na^{+} (mg/l)
Mise en conserve de poissons	7-9,5	4000-8000	3099	4470	1310	120	32	1322	16350	570,3	6763,5
Production et conditionnement de boissons gazeuses et d'eau	2,15-11,25	2000-23400	250	640	28,75	10,2	4,44	0,15	406	79,56	2511,32
Préparation de lait et produits laitiers	3-13	3000-7590	2045	4056	433	507	26,7	330	123	550	3225,9
Valeurs selon norme marocaine[2]	**6,5-8,5**	**2700**	**100**	**500**	**50**	**30**	**10**	**30**	**600**	**500**	**300**

Tableau 2. Caractérisation physico-chimique des effluents des unités étudiées

L'analyse ICP des métaux ne montrent un dépassement des valeurs autorisées que pour le zinc dans l'unité de production et conditionnement des boissons gazeuses, ceci est dû au déversement direct des boissons dans les égouts, pratique utilisée pour se débarrasser des boissons périmées ou hors normes.

Unité industrielle	Cr (mg/l)	Cu (mg/l)	Fe (mg/l)	Ni (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
Mise en conserve de poissons	0,02	0,24	1,556	0,04	0,098	2,1
Production et conditionnement de boissons gazeuses et d'eau	0,0093	0,014	1,006	0,093	0,017	7,11
Production de lait et produits laitiers	0,008	0,06	1,78	0,07	0,21	1,7
Valeurs selon norme marocaine [2]	**2**	**0,5**	**3**	**0,5**	**0,5**	**5**

Tableau 3. Caractérisation ICP des principaux métaux lourds dans les effluents des unités étudiées

Ainsi, nous avons proposé des solutions techniques pour la :

- Diminution les flux polluants : par la proposition d'effectuer une séparation des différentes catégories d'eaux produites, et le recours à des prétraitements des effluents telle que le procédé de coagulation-décantation-flottation pour diminuer la charge de la matière en suspension, (les techniques proposées ont dépendu de la nature des rejets), les traitements biologiques aérobies et anaérobies, les - lagunages aérés, les bioréacteurs qui appliquent la technique des boues activées, des filtres bactériens, du traitement séquenciel discontinu (plus connu sous le nom de sequencing batch reactor ou SBR, en anglais), etc. Certaines de ses techniques peuvent permettre d'obtenir une qualité d'eau traitée compatible avec un rejet dans le milieu Natural…

- Economie d'eau : la récupération des eaux des douchettes et des eaux de rinçage et leur réutilisation pour le transport des déchets; le raclage à sec des déchets avant les opérations de lavage, l'introduction de nettoyeurs à haute pression, plus efficaces et économiques pour le lavage des installations et ateliers de travail, les médias flottants filtration d'utilisation et le système de nano-filtration aident à réaliser une réduction de consommation d'eau du robinet de plus de 60% [7,8].

- Optimisation des ressources énergétiques disponibles : optimisation du réseau d'échange de chaleur et de récupération de la vapeur perdue au niveau des circuits de fabrication par l'utilisation d'échangeur de chaleur biphasé et de conduites calorifugées…

L'application des solutions proposées par et pour chaque unité (tableau) ont permis de faire des économies d'eau importante, avec en premier rang l'unité de mise en conserve de poissons avec une économie d'eau de plus de 57%, quand à l'unité de production et conditionnement des boissons gazeuses, de simples actions ont permis un gain de 25%, quant à la laiterie, l'opportunité d'économie d'eau se trouve au niveau du pasteurisateur où l'eau en vapeur pour être récupérée et réutiliser pour un autre cycle plus court.

Unité industrielle	Propositions	Résultats après application
Mise en conserve de poissons	1) Séparation des différentes catégories d'eaux produites : eau pluviales, eaux des sanitaires, eaux d'usinage. 2) Optimisation des réseaux d'échange de chaleur et récupération de la vapeur perdue au niveau des cuiseurs pour être réutiliser pour préchauffer l'eau aux entrées des chaudières. 3) Récupération des eaux des douchettes et des eaux de rinçage et leur réutilisation pour le transport des déchets de poisson au niveau de l'étape d'étêtage, éviscération et	**Gain de 57%**

	équeutage. 4) Réduction substantielle de l'eau pour le lavage des sols par introduction des nettoyeurs à haute pression plus efficaces et économiques pour le lavage des installations et ateliers de travail.	
Production et conditionnement de boissons gazeuses et d'eau	1) Récupération d'une partie des eaux de rinçage des premiers bains du circuit de lavage des bouteilles en verre. 2) Réduction substantielle de l'eau pour le lavage des sols par introduction des nettoyeurs à haute pression plus efficaces et économiques pour le lavage des installations et ateliers de travail.	**Gain de 25%**
Production de lait et produits laitiers	1) Optimisation du réseau d'échange de chaleur et de récupération de la vapeur perdue au niveau des circuits de pasteurisation par l'utilisation d'échangeur de chaleur biphasé et de conduites calorifugées. 2) Réduction substantielle de l'eau pour le lavage des sols par introduction des nettoyeurs à haute pression plus efficaces et économiques pour le lavage des installations et ateliers de travail.	**Gain de 15%**

Tableau 3. Caractérisation ICP des principaux métaux lourds dans les effluents des unités étudiées

3. Conclusion

Au terme de ce travail, l'audit environnementale et la caractérisation physico-chimique des effluents de trois industries agro-alimentaires prospectées montre que la charge polluante résulte soit du procédé mais principalement des opérations de nettoyages, cependant il n'est pas trop tard de remédier aux défaillances du système de gestion des impacts environnementaux. Il a été remarqué que l'unité ayant adopté un système de management Qualité avait plus de souplesse à entreprendre des actions de minimisations d'utilisation des ressources. Cependant des opportunités d'optimisation ne concernent pas uniquement la pollution liquide mais également les autres types de pollution.

Références

[1] : « Statistique industrielle », Ministère de l'Industrie, du Commerce et des Nouvelles Technologies http://www.mcinet.gov.ma/mciweb/index.jsp le 23 /09/2010.

[2] : « Norme marocaine sur les valeurs limites de rejets directs », Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement http://www.minenv.gov.ma/ le 30/10/2010

[3] :W.FRESENIUS, W.SCHNEIDER, B.BÖHNKE, K.PÖPPINGHAUS, "Technologie des eaux résiduaires: production, collecte, traitement et analyse des eaux résiduaires". París, Berlin, Heidelberg-Verlag, 1990, pp.418.

[4] : J.RODIER, "L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer: chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats". París, Dunod, 8ème ed, 1996, pp. 1008.

[5] : C.BLIEFERT, R.PERRAUD, "Chimie de l'environnement: air, eau, sols, déchets". París, Bruxelles: De Boeck Univ, 2001, pp.477.

[6] : J.BEAUCHAMP, "La pollution littorale.DESS. Qualité et gestión de l'eau, Univ Picardie Jules Verne, 2003.

[7] : M.HITOSI, A.S.SUSUMU, KOJI, R.YASUNAR, "Water recycling by floating media filtration and nanofiltration at a soft drink factory". Desalination 131, 2000, pp.47-53.

[8] : E.RAMIREZ CAMPEROS, P.MIJAYLOVA NACHEVA, E.DIAZ TAPIA, "Treatment techniques for the recycling of bottle washing water in the soft drink industry". Wat. Sci. Tech. Vol 50,2, 2000, pp.107-112;

Caractérisation de la Sécheresse dans l'Ouest Algérien

N. Hassini [1], B. Abderrahmani [2] et A. Dobbi [3]

[1] Faculté des Sciences, Université d'Es-Sénia, BP 1524 Oran Algérie. Email. hassini.noureddine@univ-oran.dz
[2] Institut Hydrométéorologique de Formation et de Recherche IHFR, Oran. Email. belaid1822@yahoo.fr
[3] Département de mécanique, Université de Ouargla. Email. dobbi100@yahoo.fr

Abstract. L'analyse des données quotidiennes de précipitation permet d'obtenir de précieuses informations relatives aux événements agro-climatiques tels que les séquences sèches ; le début des pluies, les longueurs des saisons pluvieuses, etc.
Dans cette étude nous utiliserons les données quotidiennes de pluie recueillies dans la région d'Oran qui, de par sa situation géographique, est une région à climat semi-aride.
La saison pluvieuse relativement courte (140 jours de pluie par an en moyenne) et l'irrégularité des précipitations qu'on y observe accentuent les risques de sécheresse qui survient généralement en phase sensible des cultures. A défaut de maîtriser cet aléa climatique, on utilisera un palliatif consistant, à partir de l'analyse des pluies quotidiennes de dix années agricoles consécutives, en une estimation des durées des séquences sèches maximales en phase de floraison du blé. La caractérisation de la sécheresse consiste également à estimer, à l'aide du modèle de Markov, les probabilités d'occurrence d'un épisode sec de durée déterminée, susceptible de survenir en phase de floraison.
La connaissance opportune d'une telle information permettra de déterminer une date optimale de semis susceptible d'assurer un meilleur « itinéraire technique » à la plante et de la préserver des incidences néfastes d'une éventuelle sécheresse.

Keywords : Evènements Climatiques, Sécheresse, Pluviométrie, Prévision

1. Introduction

Les applications des données de précipitations en climatologie et agro climatologie sont nombreuses. Elles dépendent notamment de l'échelle de temps utilisée [1].

Si les données annuelles peuvent être utilisées pour apprécier la tendance climatique (sécheresse par exemple), leur analyse, à l'échelle de temps inférieure, (décadaire et quotidienne), révèle un nombre insoupçonné d'informations climatologiques directement exploitables en agriculture : suivi régulier du bilan hydrique ; caractérisation d'un certain nombre d'événements climatiques tels que le début de la saison des pluies, l'occurrence d'épisodes secs, la prévision des rendements etc [2].

2. Problématique et méthodologie

La variabilité spatio-temporelle des précipitations au cours de la période 1961-1990 montre un déficit hydrique important en région ouest (figure 1), accentuant ainsi le risque d'une sécheresse prolongée [3,4].

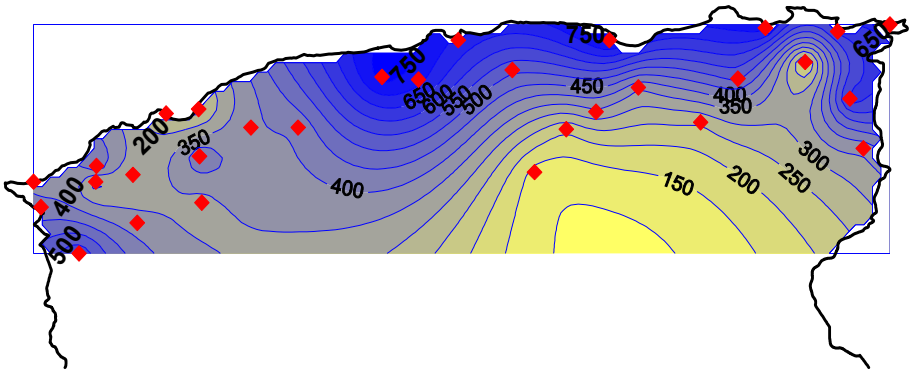


Fig. 1: Distribution annuelle moyenne des précipitations (1961-1990)

L'objectif assigné à la présente étude est de déterminer une date optimale de semis susceptible d'assurer un « itinéraire » technique favorable au développement du blé et de minimiser le risque d'occurrence d'une sécheresse en phase de floraison [5].

On utilisera les données de pluies quotidiennes de la station d'Oran Es-Sénia et couvrant la période 1994-2004

On se servira, pour l'estimation de la probabilité d'occurrence d'une séquence sèche de longueur donnée, du modèle de Markov d'ordre 1 et du logiciel de traitement des données Instat+, bien adapté au calcul d'évènements climatiques [6,7,8].

3. Applications :

3.1 Dates de semis utiles :

Nous avons retenu, à priori, six dates de semis hypothétiques allant du 1er octobre au 15 décembre couvrant une période de semis utiles du plus précoce au plus tardif.

Compte tenu de la climatologie locale et du fait que les premières pluies surviennent habituellement en période d'automne, ces dates coïncident également avec le début de la saison des pluies.

La simulation de chaque date ainsi considérée, génère un ensemble d'évènements climatiques (occurrence de pluie) pour chaque année agricole (tableau 1)

	Dates de semis choisies											
	1er octobre		15 octobre		30 octobre		15 novembre		30 novembre		15 décembre	
Années	Jour	Date	Jour	Date	Jour	Date	Jour	Date	Jour	Date	Jour	Date
94/95	31	01 oct	45	15 oct	73	12 nov	113	22 dec	113	22 dec	113	22 dec
95/96	41	11 oct	84	23 nov	84	23 nov	84	23 nov	92	01 dec	107	16 dec
96/97	99	08 déc	99	08 déc	99	08 dec	99	08 dec	99	08 dec	115	24 dec
97/98	59	29 oct	59	29 oct	60	30 oct	82	21 nov	95	04 dec	121	30 dec
98/99	37	07 oct	84	23 nov	84	23 nov	84	23 nov	91	30 nov	123	01 jan
99/00	37	07 oct	55	25 oct	73	12 nov	76	15 nov	107	16 dec	107	16 dec
00/01	31	01 oct	53	23 oct	75	14 nov	76	15 nov	117	26 dec	117	26 dec
01/02	39	09 oct	70	09 nov	70	09 nov	76	15 nov	114	23 dec	114	23 dec
02/03	39	09 oct	76	15 nov	76	15 nov	76	15 nov	131	09 jan	131	09 jan
03/04	55	25 oct	55	25 oct	73	12 nov	78	17 nov	92	01 dec	142	20 jan

Tableau 1 : Dates de début des pluies correspondant aux dates de semis retenues.

La colonne « Jour » indique la correspondance entre la date et le jour de l'année compté à partir du 1er septembre.

Pour vérifier si les dates choisies sont significativement différentes les unes des autres, on applique le test de Student aux événements climatiques déterminés, à savoir les débuts de saison des pluies. Les valeurs calculées du test T de Student, au seuil de 0.05, sont consignées dans le tableau 2 ci-dessous, la valeur critique étant de 1.73 pour un nombre de degrés de liberté équivalant à 18.

	Dates de semis choisies					
	1eroctobre	15 octobre	30 octobre	15 novembre	30 novembre	15 décembre
1er octobre	0	2.49	4.29	4.97	7.51	9.84
15octobre	2.49	0	1.51	2.44	5.33	7.87
30octobre	4.29	1.51	0	1.43	5.34	9.19
15novembre	4.97	2.44	1.43	0	3.59	6.67
30novembre	7.51	5.33	5.34	3.59	0	2.54
15décembre	9.84	7.87	9.19	6.67	2.54	0

Tableau 2 : Valeurs calculées du test T de Student.

Ce tableau montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les dates « 1er octobre » et « 15 octobre ». Ceci permet de considérer indifféremment dans la suite de l'exposé l'une au l'autre de ces deux dates

3.2. Dates moyennes de floraison :

La date moyenne de la floraison est difficile à déterminer du fait que la durée de la phase semis–floraison varie d'une année à l'autre, par suite de conditions climatiques différentes. Pour lever cette difficulté, on retiendra une valeur de cumul de températures de 1500 degrés-jours à base 0 °C, effectué à partir du 1er septembre.

Compte tenu de ces considérations, on obtient les dates moyennes de floraison (tableau 3)

On utilise alors le cumul de température à base 0 °C évalué entre les deux phases. Ainsi, la date de floraison est déterminée à partir de la connaissance du cumul relatif à la phase semis-floraison qui est de l'ordre de 1500 degrés-jours.

En adoptant cette dernière valeur et en utilisant le cumul de températures à base 0 °C à partir du 1er septembre, on aboutit aux résultats mentionnés dans le tableau 5 ci-dessous.

Jour de l'année	Date de semis	Cumul de températures à partir du 1er septiembre (degrés jours)	Cumul de températures de la phase semis-floraison	Date de floraison	N° de jour dans l'année
31	01oct	720	1500	4 janvier	126
60	30oct	1301	1500	21 février	174
76	15nov	1572	1500	13 mars	195
91	30nov	1784	1500	27 février	209
106	15dec	1975	1500	8 avril	221

Tableau 3 : Dates de semis et dates de floraison correspondantes.

3.3. Séquences sèches :

On définit un jour sec (du point de vue climatologique) comme étant un jour ayant reçu une pluie inférieure ou égale à 0.1 mm en 24 heures.

En agro climatologie, il est possible de déterminer, à partir de l'analyse des données quotidiennes de pluie, la durée de la plus longue séquence sèche pendant une période donnée, en particulier en période de floraison [9].

Une sécheresse prolongée provoque une élévation de la température et par suite la coulure des fleurs qui se traduira ultérieurement par une baisse de rendements [10].

Les durées des plus longues séquences sèches décomptées à partir des dates de floraison correspondant à chaque date de semis sont consignées dans le tableau 4 ci-dessous et représentées graphiquement, a titre d'exemple, sur la figure 2 (a) pour la date de semis au 1er octobre et sur la figure 2 (b) pour une date de semis au 30 novembre.

3.4. Détermination d'une date de semis optimale

Même si les dates de semis préconisées sont à priori justifiées dès lors qu'elles coïncident avec le début de la saison des pluies, la variabilité du climat et la répartition dans le temps des pluies peuvent engendrer des épisodes secs défavorables au développement de la culture surtout si ceux-ci surviennent en phase de floraison.

Dans ce qui suit, et à partir des résultats de simulation, on validera une date de semis préconisée en considérant le risque encouru en phase de floraison.

Cette validation repose sur le principe de la minimisation du risque climatique comme la sécheresse ; une séquence sèche de 7 à 10 jours est largement suffisante pour provoquer des dégâts physiologiques importants telle que la coulure des fleurs.

L'ajustement des données de pluie quotidiennes par le modèle de Markov nous a permis de calculer les probabilités d'occurrences de séquences sèches de 7, 9 et 11 jours, à partir du stade de floraison correspondant à chacune des dates de semis choisies.

Les figures 3a et 3b ci-dessous expriment deux cas de probabilités associées.

	Dates de floraison				
Année	**4 janvier**	**21 février**	**13 mars**	**27 février**	**8 avril**
94/95	15	3	20	5	10
95/96	3	7	16	7	13
96/97	9	20	20	20	5
97/98	9	19	13	13	9
98/99	6	9	7	9	20
99/00	15	20	18	16	18
00/01	4	7	20	11	11
01/02	10	12	11	6	15
02/03	5	12	6	18	6
03/04	15	8	13	11	9
Moy.	9.1	11.7	14.4	11.6	11.6
Ecart-Type	4.6	6.0	5.2	5.1	4.9

Tableau 4 : Durées des séquences sèches maximales à partir de la floraison

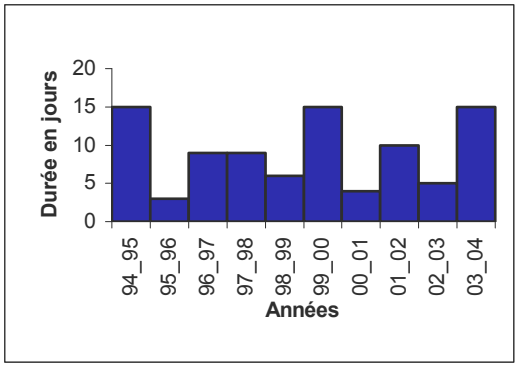


Figure 2a : Durée des séquences sèches en floraison *(date de semis 1er octobre)*

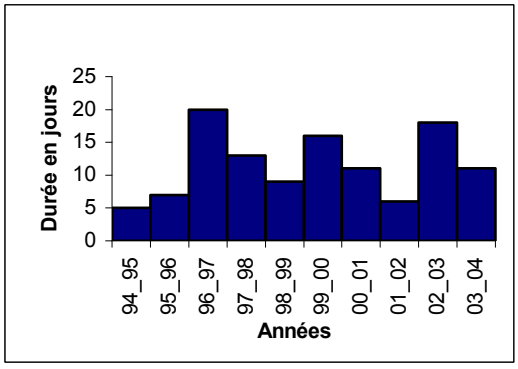


Figure 2b : Durée des séquences sèches en période de période de floraison *(date de semis: 30 novembre)*

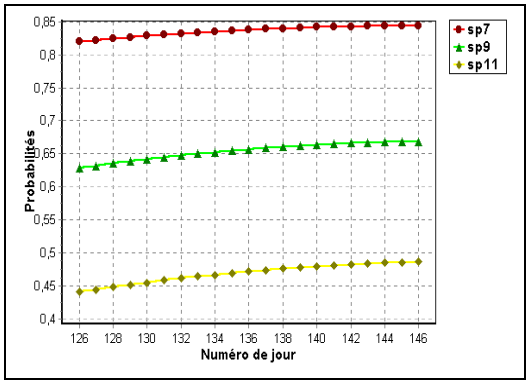


Figure3.a : Probabilités d'occurrence de séquences sèches de 7, 9 et 11 jours à compter du 4 janvier *(date de semis : 1 octobre)*

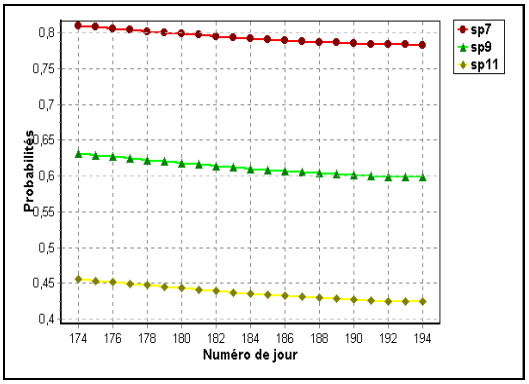


Figure 3.b : Probabilités d'occurrence de séquences sèches de 7, 9 et 11 jours à compter du 21 février *(date de semis : 30 octobre)*

4. Interprétation

Le tableau 4 montre qu'il est préférable de procéder à un semis précoce (durant le mois d'octobre) ou à un semis tardif entre le 30 novembre et le 15 décembre. Un semis effectué en période intermédiaire pourrait astreindre la culture à un itinéraire peu favorable à son développement (risque élevé de sécheresse en phase de floraison).

La comparaison des graphes en figures 3a et 3b montre cependant que le risque d'occurrence d'une période de sécheresse de 9 jours est comparativement plus faible pour la date du 30 octobre, la diminution graduelle du risque est due au fait qu'une large proportion des précipitations survient durant les mois de février et mars.

De ce fait, on retiendra cette date comme date optimale de semis.

5. Conclusion

La détermination d'une date optimale de semis consiste à définir, à priori, un itinéraire biologique particulier comprenant plus d'épisodes favorables pour réduire les incidences négatives de l'environnement sur la culture et améliorer son rendement [11].

Cependant la variabilité du climat en zones arides qui se caractérise par une répartition aléatoire des pluies dans le temps, l'adaptation ou la sensibilité de la plante constituent autant de difficultés dans la détermination d'une période propice aux semis.

Compte tenu de ces difficultés, la date de semis déterminée par cette approche, tout en étant utile à la préparation de la campagne agricole, demeure insuffisante pour assurer un meilleur rendement des céréales en régime sec.

6. References

[1] A. Verworn and U. Haberland, "Spatial interpolation of hourly rainfall - effect of additional information, variogram inference and storm properties", Hydrology and Earth SystemSciences, 15, 2011, (pp. 569-584).

[1] S. Geng, F.W.T.P. de Vries and I. Supit, "A simple method for generating daily rainfall data", Agricultural and Forest Meteorology, 36, 1986, (pp. 363-376).

[3] A.M. Thomson, R.A. Brown, N.J. Rosenberg, R. Srinivasan, R. Cesar Izaurralde, "Climate change impact for the conterminous USA: an integrated assessment, part 4 water resources", Climatic change, 69, 2005, (pp. 67-88).

[4] V. Perarnaud, B. Seguin, E. Malezieux, M. Déqué, D. Loustau, "Agrometeorological research and applications needed to prepare agriculture and forestry adapt to 21st century climate change", Climatic change,70, 2005, (pp. 319-340).

[5] I. Arnon, Crop production in dry regions. In Nicholas Polunin eds, Barnes & Noble Books, New York (1972).

[6] M.A. Semenov and J.R. Porter, "Climatic variability and the modelling of crop yields", Agricultural and Forest Meteorology, Volume 73, 3-4, 1995, (pp. 265-283).

[7] G. Hoogenboom, "Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications", Agricultural and Forest Meteorology, 103, 1-2, 2000, (pp. 137–157).

[8] J.H. Matis, T. Saito, W.E. Grant, W.C. Iwig and J.T. Ritchie, "A Markov chain approach to crop yield forecasting", Agricultural Systems, 18, 1985, (pp.171–187).

[9] F. W. Schillinger and D. L. Young, "WHEAT; Cropping Systems Research in the World's Driest Rainfed Wheat Region", Agronomy Journal, 96, 2004, (pp. 1182-1187).

[10] E. Dickin and D. Wright, "The effects of winter waterlogging and summer drought on the growth and yield of winter wheat (Triticum aestivum L.)", European Journal of Agronomy, 28, 3, 2008, pp. 234-244 [11] C. Rosenzweig, K.M. Strzepek, D.C. Major, A. Iglesias, D.N. Yates, A. McCluskey, D. Hillel, "Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies", Global environmental change, part A, 14, 2004, (pp. 345-360).

Water use in olive orchards estimated by sap flow in Tunisia

Amani Bchir[1], Hechmi Chehab[1], Fethi Ben Mariem[1], Raoul Lemeur[2], Mohamed Braham[1]

[1] Laboratoire d'Ecophysiologie; Institut de l'Olivier de Sousse, Tunisie,
ameni.bchir@gmail.com
[2]Laboratoire d'Ecologie des Plantes; Université de Gent, Belgique.

Abstract. This experimental study conducted on irrigated (100% ET_C) olive trees (cv. Meski) in arid climate in Enfidha-Tunisia, during two years (2008/2009). Sap flow was estimated for whole trees using the heat balance method. The required inputs for the calculation are transpiration, stomatal resistance, soil evaporation (using lysimetre) and climatic parameters (temperature, solar radiation, soil heat flux, air humidity and wind speed). We used the Penman-Monteith formula, to estimate the reference evapotranspiration (ET_0) and crop evapotranspiration (ETc). The study aims to estimate the water needs of the Olive tree to optimise the irrigation. The results of measurements shown that the transpiration of olive trees is only 50% of the wholes irrigation (100% ETc) and that evaporation is 20% of irrigation. These results enabled us to conclude that the physiological method allows optimization of water use (save 30% of water).In comparison with the sap flow method allows a better estimate of needs and a better optimization of irrigation.

Keywords: Olive tree; Sap flow; optimize irrigation, water needs.

1. Introduction

Pour l'oléiculture, en particulier l'olivier de table en intensif, il est nécessaire d'optimiser l'irrigation par une estimation réelle des besoins en eau d'olivier. Pour atteindre cet objectif, on doit maîtriser les termes du bilan hydrologique et de certains paramètres écophysiologiques. Ces termes permettent une estimation adéquate des besoins en eau.

La mesure directe de la transpiration de l'arbre par les mesures de flux de sève xylémique constitue un autre moyen encore plus représentatif de l'état hydrique de la plante.

Dans ce contexte, on a essayé d'estimer les besoins en eau de l'olivier de table cv Meski par la méthode du bilan hydrique du sol et la méthode du flux de sève xylèmique d'une part et d'établir une relation entre les paramètres écophysiologiques et l'état hydrique de la plante et du sol d'autre part. Pour ce faire, un calcul des besoins en eau a été effectué par deux méthodes comparées à l'irrigation traditionnelle pratiquée par les agriculteurs (T0):

- la méthode physiologique basée sur le flux de sève xylémique (T1=100% flux de sève);
- et la méthode climatique (T2=100% ETc).

2. Matériel et méthodes

2.1. Méthodes de calcul de l'évapotranspiration de référnece et de la transpiration

Méthodes	Équations	
Evapotranspiration de référence (Penman-Monteith., 1998) [1]	$ET0 = \frac{0.408\,\Delta\,(Rn - G) + \gamma\,\frac{900}{T+273}\,U\,(ea - ed)}{\Delta + \gamma\,(1 + 0.34\,U)}$	(1)
Transpiration (flux de sève xylémique) (Granier.,1987) [2]	U = J.S	(2)

Tableau 1 : Equations de calcul de l'évapotranspiration de référnece et de la transpiration

Avec Rn : radiation nette à la surface de la culture (MJ / m^2.jour) ; G: flux de chaleur du sol (MJ/m^2.jour) ; T : température moyenne à 2 m (°C) ; U : vitesse du vent mesurée à 2m (m/s) ; (ea-ed) : déficit pression de vapeur (kPa) ; Δ : pente de la courbe de tension de vapeur (kPa/°C) ; γ : constante psychrométrique (kPa/°C) ; 0.34 : coefficient du vent (s/m); J (m3.s 1) est la densité de flux estimée par le suivi d'un coefficient K qui dépend de la différence de température entre les deux sondes du capteur, avec K = [T (0)- T (u)] / T (u) ;T (0) est la différence de température à flux de sève nul, T (u) : la différence de température à flux de sève de densité u ;S (cm2) est la surface conductrice du bois, elle est déterminée par coloration des coupes de génératrice après l'expérimentation.

2.2. Détermination de l'évapotranspiration culture (ETc)

Selon la méthode FAO, les besoins en eau de l'olivier sont estimés par la formule suivante [3]:

$$ETc = Kr*Kc*ETo \quad (3)$$

Pour notre étude, le coefficient cultural (Kc) varie entre 0,46 et 0,58 et le coefficient réducteur (Kr) retenu pour la période expérimentale varie entre 0,7 et 0,8.

3. Résultats et discussion

3.1. Doses d'irrigation appliquées

Pour les différents traitements T0, T1 et T2, les doses d'irrigation moyennes annuelles sont respectivement de 3000, 1500 et 2650 m^3/ha. En estimant l'évaporation au niveau des bulbes humectés par des microlysimétres, la dose T1 réellement appliquée est alors de 1800 m^3/ha.

3.2. Evolution de la transpiration

L'étude de la transpiration mesurée par le fluxmètre durant la période expérimentale (Figure 1), montre que le niveau le plus élevé de la transpiration est enregistré pour le traitement T2 (100% ET_C). Ces niveaux variaient de 73 m^3/ha (Février 2009) à plus de 400 m^3/ha (Juin et Juillet 2009), ceci s'explique par le fait que ce traitement reçoit la dose la plus élevée. Les valeurs de la transpiration les plus faibles et qui se trouvent dans l'intervalle de 43 m^3/ha (Avril 2008) et 243 m^3/ha (Juillet 2009), sont observées chez le traitement témoins (T0). La transpiration enregistrée chez le traitement T1 se trouve dans une fourchette de 72 m^3/ha (Février 2009) et de 245 m^3/ha

(Juillet 2009). Ces résultats illustrent bien que la transpiration est étroitement liée à la quantité d'eau dans le sol et reçue par l'arbre et aux conditions environnantes. D'après Nadezhdina et al. (2007) [4], la diminution de la transpiration (le flux de sève xylèmique) peut être due à la diminution des quantités d'eau dans le sol.

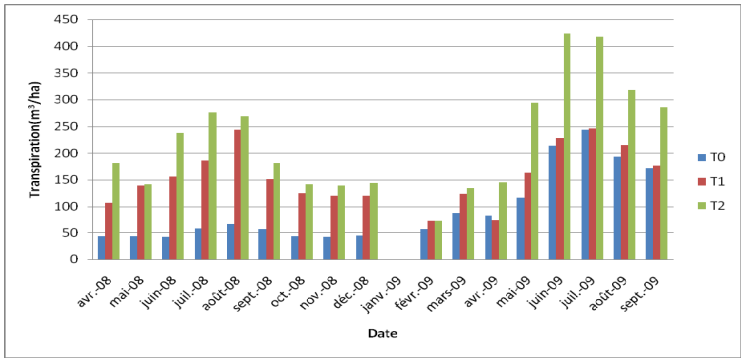


Figure 1: Evolution de la transpiration des trois traitements durant la période expérimentale

3.3. Comparaison entre Dose, Transpiration et Evaporation du sol

Au cours de la période expérimentale, on a remarqué que pour le traitement T2 (100% de l'ET_C), la somme de la transpiration et de l'évaporation du sol est inférieure à la dose. A partir de la figure 2, on peut conclure qu'environ 30% de la dose apportée se trouve non exploité par la culture.

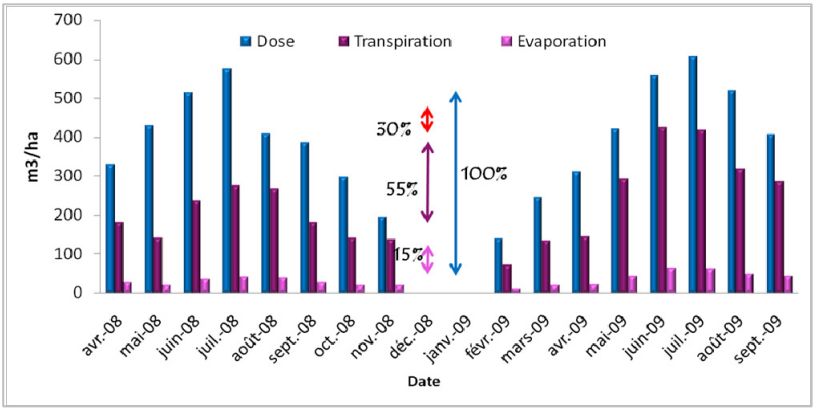


Figure 2 : Evolution de la dose, de la transpiration et de l'évaporation du sol au cours de période expérimentale pour le traitement 100% ET_C

3.4. Etude de l'efficience d'utilisation de l'eau (EUE)

L'efficience d'utilisation de l'eau (EUE) est un paramètre déterminant pour l'optimisation de l'irrigation. En effet, un apport hydrique qui dépasse les besoins réels de la culture diminue l'efficience de l'utilisation de l'eau. Dans notre cas l'EUE est constante (environ 88%) pour le traitement T1 (100% flux de sève) et elle est variable pour les deux autres traitements T0 et T2. Pour T2, elle varie entre 33% (Mai 2008) et 76% (Juin 2009). La diminution de l'EUE pour T2 s'explique par le fait que la dose apportée à la culture par ce traitement dépasse les besoins réels de l'arbre et qui sont représentés par les pertes par transpiration et par évaporation mesurées respectivement par le

fluxmètre et le micro-lysimètre. L'EUE de T0 est le plus faible et il se trouve dans une fourchette de 12% (Avril, Mai, Juin, Octobre et Novembre 2008) et 66% (Juillet 2009). Ceci permet de constater que la méthode physiologique (T1) qui tient compte de la transpiration de l'arbre (flux de sève xylémique) contribue plus que la méthode climatique (T2) pour l'économie des eaux d'irrigation (Figure 3). Selon Katerji et al.(2010) [5], la variation des paramètres climatiques affecte aussi l'efficience de l'utilisation de l'eau.

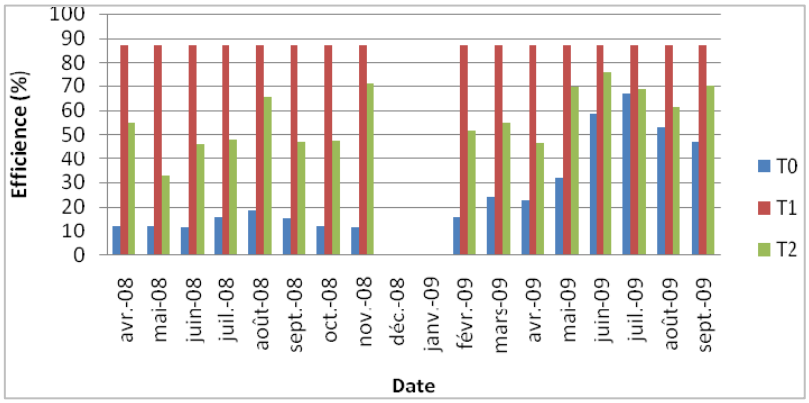


Figure 3: Efficience de l'utilisation de l'eau chez les 3 traitements durant la période de l'essai.

3.5. Variation du rendement et de la rentabilité selon les traitements

Le tableau suivant (2) illustre les rendements enregistrés , au cours de la compagne 2009, pour les trois traitements. Le rendement le plus élevé est observé chez le traitement T2 (100% ET_C). Cependant la rentabilité la plus élevée résulte du traitement T1 (100% flux de sève).

	Méthode Traditionnelle (T0)	**Méthode Physiologique (T1)**	**Méthode Climatique (T2)**
Dose d'irrigation	3000 m^3/ha	1800 m^3/ha	2650 m^3/ha
Rendement	3 t/ha	10 t/ha	14 t/ha
Rentabilité	1 kg/ m^3	5,5 kg/ m^3	5,2 kg/ m^3

Tableau 2: Différence du rendement et de la rentabilité des doses d'irrigation au cours de la compagne 2009.

4. Conclusion

L'évaluation des différentes doses d'irrigation appliquées selon les méthodes climatique T2 (100% ET_C) et physiologique T1 (100% flux de sève) en comparaison avec celle adoptée par l'OTD (T0), et en rapport avec la transpiration des arbres mesurée par le fluxmètre de Granier, permet de constater que plus la dose d'irrigation est élevée plus la transpiration est importante. En effet les valeurs de transpiration les plus élevées sont enregistrées chez le traitement T2.

La méthode physiologique (T1) basée sur le flux de sève xylèmique et des mesures micro-lysémitriques nous a permis une économie en eau de l'ordre de 30% en comparant à la méthode climatique.

Références

[1] Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M., 1998. Crop évapotranspiration: guideslines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organaization (FAO), Rome Italy. 300 p.

[2] Granier, A., 1987.Evaluation of transpiration in a Douglas-fir stand by means of sap flow measurements. Tree Physiol. 3, 309-320.

[3] Fereres, E., Castel J.R., 1981. Drip Irrigation Management. Division of Agricultural Sciences. University of California (Publication Leaflet 21259).

[4]Nadezhdina N., Nadezhdin V., Ferreira M.I., Pitacco A., 2007. Variability with xylem depth in sap flow in trunks and branches of mature olive trees. Tree Physiol 7:105–113

[5] Katerji N., Mastrorilli M., Chernic H.E., 2010. Effects of corn deficit irrigation and soil properties on water use efficiency. A 25-year analysis of a Mediterranean environment using the STICS model. Europ. J. Agronomy, 32, 177–185.

El uso de Energías Renovables para la obtención de Agua Potable.

García-Vaquero Marín, N.; Jiménez Castañeda, R.*; Coello Oviedo, Mª. D.; Rodríguez Barroso. Mª R.; Acevedo Merino, A.; Quiroga Alonso, J. M.; Sales Márquez, D.; López-Ramírez, J.A.

Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, Universidad de Cádiz.
*Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cádiz.
Centro Andaluz Superior de Estudios Marinos, CASEM.
Polig. Río San Pedro s/n. Puerto Real, Cádiz, 11510. España.
email: nieves.garcia@uca.es

Abstract. The research project ETAP-ERN is mainly to evaluate the potential of nanofiltration to complement or replace, if necessary, conventional treatment of drinking water based on the coagulation-flocculation-sedimentation process, in order to obtain higher drinking water quality at a minimum cost without CO_2 emission. One of the main news of the project lies in the use of renewable energy: wind and photovoltaic, as power sources. The pilot plant is located at the Metropolitan Drinking Water Treatment Plant (ETAP) of "El Montañés" (Puerto Real, Cádiz). It consists of two subunits, one for energy production (11kW) and one for water production (50 m^3/day). This project has several work stages. Currently the first stage is being carried out: assessing the conventional ETAP treatment as an upstream pretreatment of the pilot plant in order to minimize membrane fouling.

Keywords: drinking water, nanofiltration, renewable energy.

1. Introducción.

El agua, origen y base de la vida, se ha consolidado como un recurso indispensable para cualquier alternativa de futuro. No existe actividad humana: económica, industrial, social o política, que pueda prescindir de este vital recurso. Sin embargo, las inundaciones, las sequías, la pobreza, la contaminación, el tratamiento inadecuado de los desechos y la insuficiencia de infraestructuras para el adecuado tratamiento del agua plantean serias amenazas a la salud pública, al desarrollo económico y social de los países en vías de desarrollo.

El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración del agua, y su aparente abundancia, hacen que sea el vertedero habitual en el que se arrojan los residuos producidos por las actividades humanas. Así, pesticidas, residuos químicos, metales pesados, e incluso residuos radiactivos, etc., pueden aparecer, en determinadas cantidades, al analizar las aguas de los más remotos lugares del mundo. Muchas aguas están contaminadas hasta el punto de hacerlas peligrosas para la salud humana, y dañinas para la vida. El agua es considerada como contaminada cuando sus características naturales están alteradas de tal modo que la hace total o parcialmente inadecuada para el uso al que se destina. Con el fin de minimizar estos problemas y

conseguir mejoras en la calidad del agua, la investigación en la aplicación de nuevas tecnologías y tratamientos es constante. En ese sentido, el grupo de Investigación de Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz está desarrollando el proyecto denominado ETAP-ERN, o lo que es lo mismo, la "Evaluación del Tratamiento de Aguas Potables mediante Energías Renovables y Nanofiltración". Este proyecto de investigación tiene, entre sus objetivos, obtener agua de mayor calidad, desde un punto de vista sanitario y microbiológico, simplificando el proceso de potabilización, y buscando el mínimo coste, propiciando además el uso de energías renovables para evitar la emisión de dióxido de carbono, aspecto crítico de los procesos de desalación. La emisión de CO2 contribuye al incremento del efecto invernadero. La producción de agua potable usando las tecnologías de membranas, en este caso la nanofiltración [1], es una excelente alternativa ante las técnicas convencionales de tratamiento, ya que éstas pueden mostrar algunas limitaciones para cumplir con los exigentes niveles que marca la legislación actual.

La nanofiltración (NF) se ha convertido en una técnica fiable y asequible para la producción de agua potable de alta calidad sin importar su fuente [2]. En el tratamiento del agua, las membranas de nanofiltración tienen una alta eficacia para el rechazo selectivo de ciertas especies, tales como la dureza del agua, hierro, materia orgánica natural, pesticidas, trihalometanos (THM) y sus formadores potenciales, materia orgánica que genera color y sabor indeseables en el agua, microorganismos, etc. La eliminación de estos compuestos permite obtener "agua segura". A pesar de las ventajas de los procesos de membrana, el ensuciamiento de éstas sigue siendo un tema problemático e inevitable en todos los sistemas de filtración por membrana [3]. A lo largo del proyecto se intentará dar solución a este problema.

Para la realización de este proyecto se ha construido una planta piloto en las instalaciones de la actual Estación de Tratamientos de Aguas Potables (ETAP) de "El Montañés", perteneciente al Consorcio de Aguas de la Zona Gaditana. La planta piloto consta de dos subunidades, una para la producción de energía (11kW) y otra para la producción de agua (50 m3/día). Las membranas de nanofiltración empleadas son del modelo NF90 4040, en total hay 12 elementos de membrana. La energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de esta planta viene producida por un sistema híbrido eólico-solar. Cuenta con dos aerogeneradores de 3kW cada uno y un total de 20 módulos fotovoltaicos, con una potencia pico instalada de 4,2 kW, además hay instalada una pila de combustible alimentada por botellas de hidrógeno.

Con la aplicación de este tipo de membranas se puede reducir el contenido de la dureza en el agua de abastecimiento, lo que reduce la generación de averías por la cal en los hogares de los abonados y la reducción de la emisión de dióxido de carbono relacionada con el calentamiento del agua en los hogares. Conviene recordar que la presencia de la cal en los sistemas de calentamiento del agua reduce notablemente la eficacia de los equipos y como consecuencia de ello aumenta el consumo energético. Con un menor contenido de cal en el agua nanofiltrada, se obtendrán mejores rendimientos energéticos en los electrodomésticos, con la consiguiente disminución del consumo eléctrico y de las emisiones. Otra importante ventaja que posee la NF es la elevada capacidad de separación de sustancias orgánicas en el agua y que pueden aparecer, como plaguicidas, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), compuestos orgánicos volátiles (COV's), trihalometanos (THM's), etc. Además, y no es menos importante, la mejora organoléptica que se produce en el agua de grifo, al ablandar ésta y reducir el contenido de materia orgánica, lo cual ha sido evaluado mediante catas ciegas. En la actualidad se están midiendo cien compuestos orgánicos tanto en el agua de alimentación como en el permeado.

Dada la casi inexistencia de sales en el agua producto, es necesario mezclarla con el agua de grifo para que pudiera ser enviada a los domicilios, es decir se realizaría un ablandamiento. Esto permite reducir las concentraciones de determinados compuestos indeseables en el agua de grifo mejorando además la calidad organoléptica.

2. Desarrollo del problema.

2.1. Descripción de las etapas del proyecto.

El proyecto consta de varias etapas de trabajo. El plan propuesto viene descrito a continuación.

En la ETAPA 1 se evalúa el tratamiento convencional de la ETAP como pretratamiento (el agua de alimentación de la planta piloto es el efluente de la actual ETAP) para minimizar el ensuciamiento de las membranas. Esto permite caracterizar el funcionamiento de las membranas con este tipo de agua, la calidad físico-química-microbiológica del agua y sus características organolépticas.

En la ETAPA 2 se elimina el tratamiento convencional de la ETAP y se introduce directamente el agua bruta desde el embalse. De esta manera se evaluará la resistencia de las membranas al ensuciamiento, evaluando la necesidad o no de algún tipo de pretratamiento ocasional o estacional (en primavera, por ejemplo, a causa del bloom fitoplantónico).

Para estudiar el grado de ensuciamiento de las membranas en ambas etapas, se extraerá una de las membranas y se estudiará el aumento de su peso mediante gravimetría, y su superficie mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía de fuerza atómica (AFM). Ello permitirá establecer el grado de ensuciamiento desarrollado. Se realizarán también observaciones visuales para determinar la forma en que se produce la posible deposición de cristales de sulfato cálcico y carbonato cálcico, para discriminar entre el crecimiento de cristales en el seno de la disolución y los que se forman sobre la superficie propia de la membrana.

La comparación entre las etapas 1 y 2 permitirá discernir cuál es la resistencia de las membranas al ensuciamiento y si conviene o no aumentar el pretratamiento.

En la ETAPA 3 se evalúa la calidad físico-química y microbiológica general del agua de permeado según la legislación vigente, y se estudia en especial la eliminación de contaminantes emergentes (Cryptosporidium y disruptores endocrinos). Además se evalúa la calidad organoléptica del permeado contrastándola con el agua obtenida de la ETAP por tratamientos clásicos, mediante la realización de catas ciegas por especialistas y público en general. Esta etapa se está llevando a cabo en paralelo con la etapa 1.

En la ETAPA 4 se evalúan los costes de implementación de la nanofiltración tras un tratamiento convencional o sustituyendo a éste completamente. El ensuciamiento de las membranas, si se emplea directamente el agua del embalse, será bastante mayor. Esto implicará un aumento en la reposición de las membranas. Del estudio detallado de la comparación de ambos tipos de tratamiento se podrá hacer una estimación final de los costes del proceso. Esta etapa se lleva actualmente a cabo de forma parcial.

En la ETAPA 5 se pretende desarrollar algún tipo de sistema de evaluación de la integridad de las membranas que permita comprobar el buen funcionamiento de éstas. Para ello se van a contrastar dos sistemas: en el primero se medirá el decaimiento de la presión en un elemento de membrana sospechoso de daño estructural; y en el segundo se introducirán nanoesferas fluorescentes con un tamaño calibrado de 0,025 micras igual al tamaño del virus de Norwalk, uno de los más pequeños que aparecen en aguas contaminadas.

Durante la ETAPA 6 se desarrollará un sistema de limpieza que permita regenerar las membranas tras su ensuciamiento por la materia orgánica contenida en el agua bruta del embalse. Para ello se probarán diferentes agentes de limpieza y secuencias de lavado para tratar de eliminar, de forma específica, el ensuciamiento químico y microbiológico que se produce sobre las membranas. Una vez realizados los correspondientes lavados, se comprobará la eficacia de los mismos estudiando de nuevo los parámetros de operación de las membranas (flujo, pérdida de carga, porcentaje de rechazo, etc.).

Se estudiará la mejor solución para la reutilización del rechazo de la unidad de nanofiltración durante la ETAPA 7.

En las ETAPAS 8 y 9 se estudiará el efecto sobre las membranas, cuando tenga lugar, la discontinuidad del recurso solar en el ciclo luz-oscuridad, mediante la realización de autopsias a las membranas para ver su grado de deterioro. Asimismo se determinará las condiciones ambientales (irradiancia, temperatura ambiente, características del agua de alimentación, etc.) óptimas para producir agua potable empleando el sistema de nanofiltración y energía renovable.

2.2. Resultados.

En la actualidad se está desarrollando la evaluación del tratamiento convencional de la ETAP como pretratamiento de la planta piloto para minimizar el ensuciamiento de las membranas. Para el control analítico se somete al agua obtenida a lo dictado por el R.D. 140/2003. En este proyecto de demostración y con el fin de demostrar la máxima transparencia, se está sometiendo al agua producto a análisis que multiplican hasta por 50 veces lo dictado por dicho Real Decreto. Cabe señalar que todos los parámetros analizados cumplen sobradamente con los niveles exigidos por el Real Decreto que establece los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Los resultados obtenidos referentes a la calidad del permeado aparecen en la Tabla 1 y algunos son representados gráficamente a continuación.

Parámetro	Conc. (mg/l) alimentación	Conc. (mg/l) permeado
Color	5,594	≤2,8
Turbidez	0,578	≤O,29
Litio	0,024	-
Sodio	20,31	1,547
Potasio	1,756	0,013
Calcio	70,14	0,488
Magnesio	11,01	n. d.
Fluoruro	0,036	n. d.
Cloruro	33,13	2,216
Nitrato	2,069	1,254
Sulfato	52,349	1,484
Aluminio	98,8*10-3	1*10-3
Hierro	0,8*10-3	0,1*10-3
Manganeso	0,4*10-3	0,1*10-3
COT	7,13	1,19
THM	30,5*10-3	18,3*10-3

n.d.: no detectado

Tabla 1. Parámetros físico-químicos del agua de alimentación a la piloto y del permeado.

La calidad físico-química del agua obtenida es muy elevada. Respecto del color y turbidez señalar que en todo momento los datos obtenidos se encuentran por debajo del límite de detección del equipo. Lo mismo ocurre en los casos del litio, magnesio y fluoruro.

Las membranas empleadas están trabajando perfectamente, y no se ha detectado, de momento, ensuciamiento alguno, puesto que el rechazo normalizado de sales está dentro del valor determinado por el fabricante (≥ 97%).

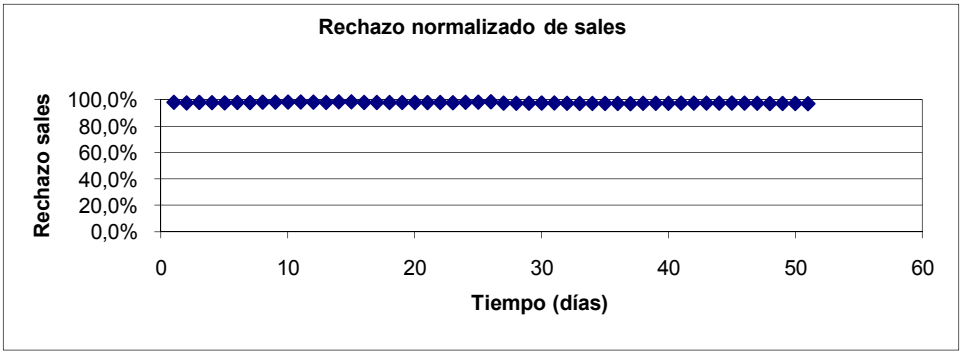


Figura 1. Representación del porcentaje del rechazo de sales normalizado.

Es importante resaltar la gran capacidad de rechazo de las membranas para el calcio. Los valores obtenidos aparecen en la Figura 2. Las membranas de nanofiltración NF90 rechazan en torno al 99% del calcio presente en el agua a tratar. Esto permitirá reducir, mediante la mezcla de ambas aguas, (permeado y agua de grifo) la dureza del agua tratada en la ETAP "El Montañés", reduciendo el sabor de la misma y las incrustaciones de cal en los electrodomésticos. Esto conllevará una serie de ventajas como ya se ha mencionado anteriormente.

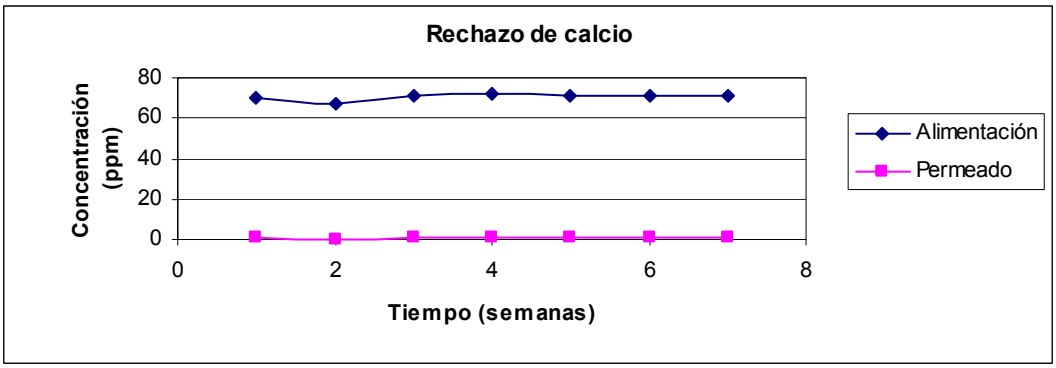


Figura 2. Concentración de calcio en el agua de alimentación y en el perneado.

Además de múltiples analíticas y controles operacionales, se están desarrollando catas ciegas del agua obtenida por especialistas y público en general, para saber si el agua obtenida, además, de estar caracterizada por una elevada calidad físico-química es aceptada desde el punto de vista organoléptico por la población. Los datos recogidos hasta ahora muestran un resultado muy satisfactorio de la acogida del agua ablandada (permeado más agua de grifo).

En la Figura 3 se analiza el caudal del agua de salida de la unidad de nanofiltración. Se puede apreciar en el primer tramo que debido a un problema en la ETAP relacionado con un exceso de floculante, y que ensució los cartuchos de microfiltración, se produjo un cierto descenso de caudal, al cual también contribuyó la fuerte bajada de las temperaturas del invierno. El agua fría posee un mayor valor de viscosidad y hace que permee menos agua a través de la membrana. En la segunda y tercera etapas se observa un buen funcionamiento de la unidad. El descenso de producción desde el día veintisiete en adelante se debe a que se estaban realizando estudios paralelos con dispositivos comerciales de

muestreo que requerían de condiciones especiales de caudales. No obstante, se puede apreciar que el caudal permanece constante, lo que revela que no hay ensuciamiento.

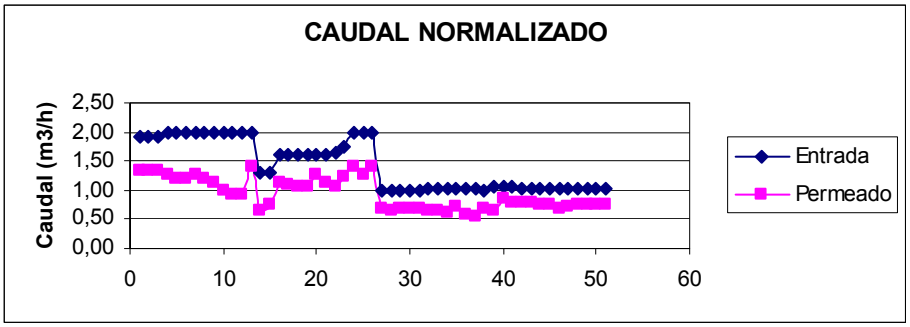


Figura 3. Evolución del caudal normalizado.

En las Figuras 4 y 5 se recogen mediciones de flujo de radiación global en dos días distintos, uno soleado y otro nublado. En el caso del día soleado como se puede apreciar la incidencia de la luz es elevada, excepto la causada por unas nubes altas. La potencia sigue el mismo patrón. En el caso del día nublado, la Figura cinco permite apreciar que la incidencia de la luz es variable como consecuencia de la existencia de abundantes nubes y claros y el flujo de radiación se ve afectada por ello, al igual que la producción fotovoltaica. De forma general el sistema de producción de energía permite trabajar de forma autónoma a la planta sin interrupciones en el abastecimiento de energía. El sistema de control funciona correctamente al igual que la adquisición de datos experimentales procedentes de la torre meteorológica y de los sensores de energía.

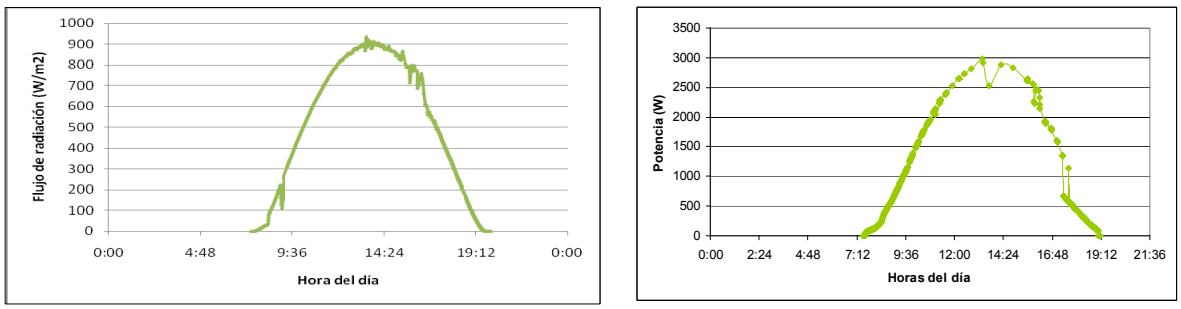


Figura 4. Evolución del flujo de radiación global obtenida del campo fotovoltaico en un día soleado.

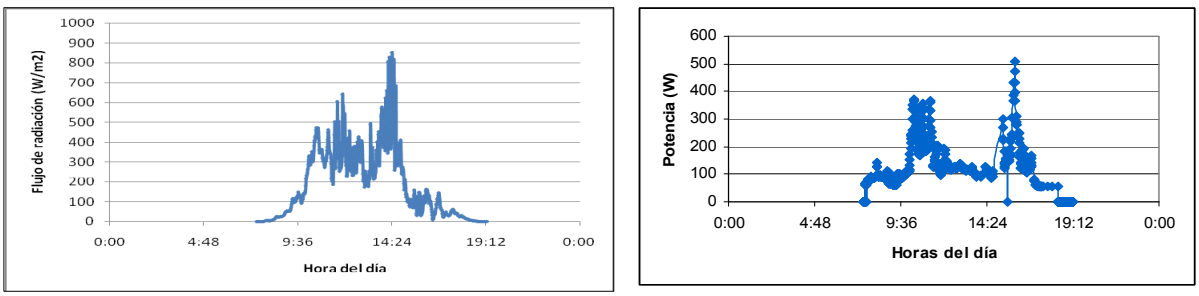


Figura 5. Evolución del flujo de radiación global y potencia obtenida del campo fotovoltaico en un día nublado.

3. Conclusiones.

Se puede afirmar que el funcionamiento de la planta de nanofiltración ha sido muy satisfactorio hasta la fecha, manteniéndose constante la producción de la planta y sólo ha sido influenciado por el efecto de las bajas temperaturas registradas en el invierno. En todo momento el agua obtenida ha superado ampliamente los niveles de calidad exigidos por la legislación vigente. La baja concentración de materia orgánica presente en el agua de alimentación se ve reducida aún más por la nanofiltración al igual que la presencia de trihalometanos.

El viento y el sol existentes en la ubicación de la planta piloto y su adecuado diseño permiten el funcionamiento continuo de la misma, almacenando la energía en las baterías. Queda demostrado que es posible desalar agua, sin aumentar las emisiones de dióxido de carbono.

En un futuro, existe la posibilidad de mezclar el agua obtenida de la potabilizadora "El Montañés" con el permeado de la planta ETAP-ERN con el fin de reducir la dureza del agua, obteniéndose una mejora integral de la calidad del agua que hacen que diferentes administraciones presten atención a este proyecto.

Agradecimientos.

Los investigadores de la Universidad de Cádiz desean expresar su agradecimiento a la Agencia Andaluza del Agua de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía por financiar este proyecto y la colaboración prestada por el Consorcio de Aguas de la Zona Gaditana.

Referencias.

[1] A.I. Schäfer, A.G. Fane, T.D. Waite, Nanofiltration principles and applications, third ed., Elsevier Ltd., Oxford (2005).

[2] C. Fritzmann, J. Löwenberg, T. Wintgens and T. Melin, "State-of-the-art of reverse osmosis desalination", Desalination, 2007, pp. 1.

[3] P. Xu, J.E. Drewes, T-U. Kim, C. Bellona and G. Amy, "Effect of membrane fouling on transport of organic contaminants in NF/RO membrane applications", J. Membr. Sci., 2006, pp. 165-175.

Biosorption du Rouge Congo par les boues résiduaires: équilibre et modélisation

I, Ben Brahim, B, Mahjoub et Y, M'Sadak

Département de Génie Système Horticole et Environnement
Institut Supérieur Agronomique de Chott-Mariem, BP. 47, 4042 Sousse
Université de Sousse – Tunisie / bomahjoub@yahoo.fr

Abstract. Powdered waste sludge was used as a novel low cost biological adsorbent for the removal of Congo red from aqueous solutions. Batch experiments were carried out for sorption kinetics and isotherms. Operating variables studied were pH of the solution, adsorbent amount, initial dye concentration and agitation speed. Sorption kinetics, isotherms and thermodynamic parameters were conducted. The results showed that the retention capacity of the mud increases with the increases of the support quantity, the temperature, the dyes concentration, as well as the agitation speed. The best sorption amounts were obtained at pH 6. The parameters of both kinetic and equilibrium modelling showed that the kinetic data were accurately described by the pseudo-second-order model. The equilibrium data were analyzed using five isotherms models, Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin and Elovich models and showed a good fit with Redlich-Peterson and Langmuir models suggesting monolayer coverage of dye molecules onto the biosorbent surface and adsorption active sites of quite similar affinities toward the experimental textile pollutant. The thermodynamic parameters such as Gibbs free energy change ΔG°, standard enthalpy ΔH°, and standard entropy ΔS° were also studied to understand better the effect of temperature on the adsorption, indicated that Congo Red adsorption onto powdered sludge was endothermic, spontaneous, involving a chemical bonding.

Keywords: biosorption, Congo red, sewage sludge, modeling.

1. Introduction.

La dégradation de la qualité de l'eau est devenue un des problèmes majeurs qui affectent les ressources en eau et les systèmes aquatiques mondiaux. Cette dégradation est la conséquence des différents types de pollution, dont la pollution des eaux industrielles. Cette dernière est généralement la plus toxique à cause de la composition de ses effluents en polluants (colorants, métaux lourds, nitrates, phénols, …). D'ailleurs, la législation est de plus en plus exigeante en matière de qualité des rejets des eaux usées. En effet, il est devenu primordial de traiter les eaux de rejets, et en particulier, les effluents textiles, compte tenu des répercussions négatives sur les écosystèmes. Quelque soit le système d'épuration adopté, le traitement des eaux usées s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeables dont il faut se débarrasser. Plusieurs filières existent pour l'élimination de ces boues, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation, de l'origine et de la qualité des boues, de la valeur ajoutée du produit qui en résulte et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement. Outre la valorisation agricole ou biologique, la mise en décharge et la valorisation énergétique, une autre filière de recyclage des ces déchets, fait l'objet cette dernière

décennie de plusieurs travaux de recherches, en l'occurrence l'exploitation des boues résiduaires en tant que biosorbant de plusieurs polluants, dont les colorants textiles. L'objectif principal de la présente étude était de contribuer au développement d'une technologie techniquement fiable et économiquement viable pour le traitement des eaux contaminées par les colorants textiles. A ce fait, nous avons étudié les capacités des boues résiduaires pour la biosorption d'un colorant textile (Rouge Congo). Une modélisation des cinétiques et des isothermes d'adsorption ainsi qu'une étude thermodynamique ont été réalisées afin de mieux comprendre le mécanisme d'adsorption du colorant par les boues.

2. Matériels et méthodes.

2.1. Préparation du biosorbant et de la solution colorée.

Les boues utilisées dans cette étude sont des sous-produits d'une usine textile, la Société Industrielle des Textiles (SITEX) à Ksar Hellal, Tunisie. Les boues ont été lavées abondamment avec de l'eau distillée puis séchées à l'étuve à 105°C. Enfin, le support sec obtenu a été finement broyé à l'aide d'un mixeur. Fréquemment utilisé, le colorant direct rouge congo a été retenu comme polluant organique modèle pour la présente étude. Les solutions mères ont été préparées en dissolvant des quantités précises de colorant dans l'eau distillée pour obtenir les concentrations désirées.

2.2. Procédure expérimentale.

Les expériences d'adsorption ont été réalisées en mettant en contact une certaine quantité de poudre de boue (0.1-0.5g) avec 500 mL de la solution colorée ayant une concentration et un pH bien déterminés. Le pH initial des solutions est ajusté par addition de solutions diluées d'HCl et de NaOH. Les essais ont été conduits à température constante à l'aide d'un bain marie agité à 120 oscillations/min, pendant 24 h. Des prélèvements d'échantillons sont effectués périodiquement, à des temps adaptés à l'évolution globale de la cinétique d'adsorption. Pour l'étude des isothermes d'adsorption, les prélèvements sont effectués après un temps de contact suffisamment long pour atteindre un équilibre apparent. Chaque échantillon subit ensuite 2 centrifugations successives pendant 3 min, à une vitesse de 6000 t/min. La concentration du colorant C. Red a été estimée par spectrophotomètre UV-Visible à la longueur d'onde 496 nm. Le taux de rétention du colorant par les boues est calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Taux de Rétention (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \qquad (1)$$

avec C_o : La concentration initiale de la solution colorée en mg/L, *Ce* : La concentration à l'équilibre de la solution colorée après adsorption en mg/L.

3. Résultats et discussions.

3.1. Influence du temps de contact

La cinétique d'adsorption peut être subdivisée en deux phases (voir figure 1): une première phase manifestant une rétention très rapide au cours de laquelle le taux de rétention atteint une valeur de 98,33%, correspondant à une quantité adsorbée de 8,93 mg/g de boue, au bout de 30 min de contact et une phase plus lente qui traduit une quasi-constance du phénomène d'adsorption avec une vitesse de plus en plus lente jusqu'à atteindre un équilibre apparent, au bout de 180 min, avec un taux de rétention de 95,8 % et une quantité adsorbée du colorant de 9,57 mg/g.

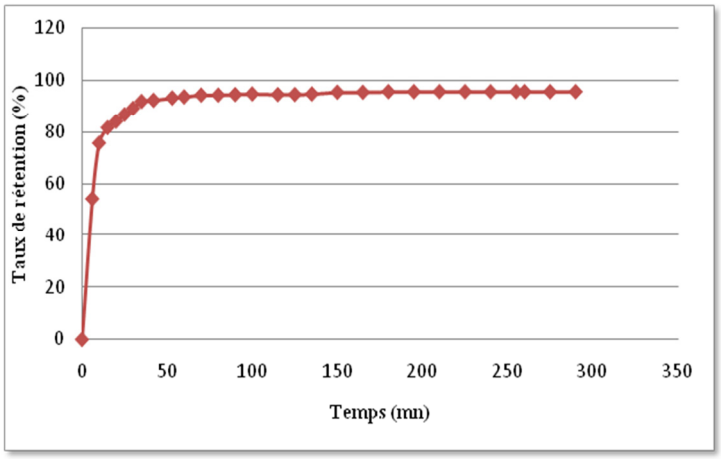


Fig.1 Effet du temps de contact sur le taux de rétention du rouge congo (pH initial=6,7; C_0=10 mg/l ; T°= 22°C ; 120 rpm ;S/L=1 g/L)

3.2. Influence du pH de la solution.

L'étude a été réalisée pour une gamme de pH entre 6 et 10, à une concentration initiale de la solution de 10 mg/L. D'après les résultats présentés à la fig. 2, il semble être clair que le pH de la solution aqueuse influence d'une façon significative la rétention du colorant par le biosorbant.

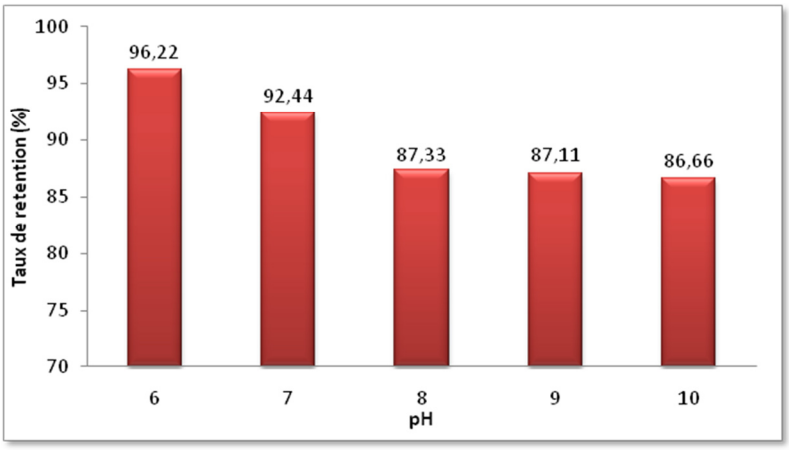


Fig. 2 Effet du pH sur le pouvoir adsorbant du Rouge Congo (Temps de contact=24h ; C0=10 mg/l ; T°= 22°C ; 120 rpm ; S/L=0,6 g/L)

Le taux de rétention maximale se produit à pH 6 avec 96,2 %. Il semble qu'à un pH acide, le Rouge Congo présente des molécules bipolaires (H^3N^+-R-SO^{3-}). Ainsi, il y aura un échange ionique et des attractions électrostatiques entre les groupements fonctionnels de la biomasse utilisé comme adsorbant et les molécules du colorant. A pH élevé, il y aura une répulsion électrostatique entre les surfaces des sites de fixation du biosorbant chargées négativement et les molécules anioniques du colorant et une compétition entre OH^- et les ions du Rouge Congo pour les sites chargés positivement [1].

3.3. Influence de la température.

L'effet de la température sur l'évolution de la cinétique d'adsorption du Rouge Congo a été étudié de 22 à 60°C. Les résultats montrent une amélioration de la capacité de biosorption au fur et à mesure que la température augmente. En effet, lors d'une augmentation de la température de la réaction de 22 à 60°C, la quantité de polluant adsorbée à l'équilibre augmente de 9,75 à 9,88 mg/g, pour une concentration 10 mg/L. Ces résultats permettent de suggérer que l'adsorption de ce colorant direct par

les boues résiduaires est un phénomène endothermique. De plus, il semble qu'à température élevée, les molécules du colorant deviennent plus agitées ce qui améliore leur exposition aux sites de fixation et les fait parvenir à des sites plus difficiles d'accès.

3.4. Modélisation de la cinétique d'adsorption.

La modélisation des cinétiques de l'adsorption du Rouge Congo a été faite selon les deux modèles mathématiques les plus connus, celui de pseudo-ordre 1 [2] et de pseudo-ordre 2 [3], pour des concentrations initiales de 10, 20, 30, 40 et 50 mg/L dans des conditions conformes à celles des essais précédents. L'équation du premier ordre de Lagergren s'écrit comme suit :

$$\log(Q_e - Q) = \log Q_e - \frac{k_1}{2.303} t \qquad (2)$$

où Q_e et Q (en mg/g) sont les quantités de colorant adsorbées, respectivement à l'équilibre et à un temps t. k_1 (min^{-1}) est la constante du modèle de Lagergren. L'expression du modèle de deuxième ordre s'écrit comme suit :

$$\frac{t}{Q} = \frac{1}{k_2 . Q_e^{\,2}} + \frac{t}{Q_e} \qquad (3)$$

Où k_2 est la constante relative à ce modèle (g/mg.min).

Les résultats montrent que la régression linéaire du modèle de pseudo-ordre 2, représentée par t/q_t en fonction du temps (fig. 3), décrit beaucoup mieux les données expérimentales avec des coefficients de corrélation R^2 de valeurs pratiquement égales à 1, ainsi qu'un pourcentage de déviation $\varepsilon(\%)$ ne dépassant pas 0,76 %. Ceci peut traduire une adsorption de nature plutôt chimique (chimisorption).

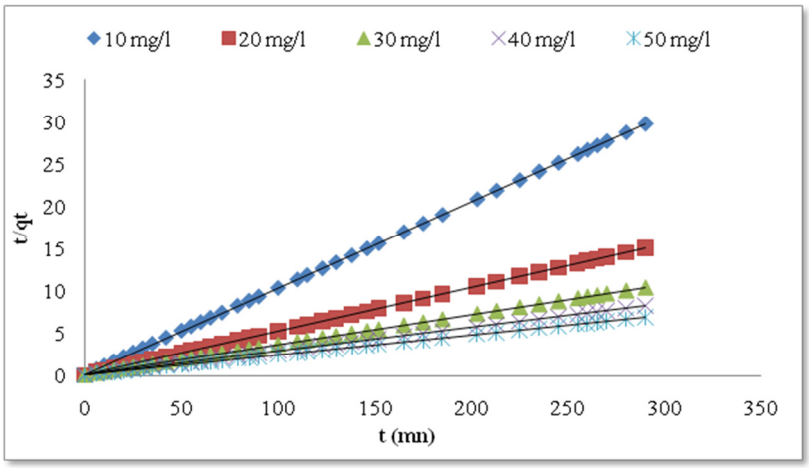


Fig. 3 Linéarisation des données expérimentales selon le modèle de cinétique de pseudo-ordre 2 (pH=6 ; S/L=1g/L ; 120rpm ; T=22±2°C).

3.5. Modélisation de l'isotherme d'adsorption.

Les données numériques expérimentales ont été analysées selon cinq modèles; Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, Temkin et Elovich. La forme linéaire de l'isotherme de Langmuir [4] est représentée par l'équation suivante :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{k_L.Q_o} + \frac{C_e}{Q_o} \quad (4)$$

Où *Qe* est la quantité réelle de polluant adsorbée à la surface du support à l'équilibre (en mg/g). Q_0 représente la quantité théorique ou effective d'adsorbat (en mg/g) et k_L la constante relative à l'énergie. La représentation graphique de la variation du rapport (*Ce*/*Qe*) en fonction de (*Ce*) donne lieu à des droites, à partir desquelles les valeurs théoriques Q_0 et k_L sont calculées à l'aide des pentes et des ordonnées à l'origine.

La forme linéaire de l'isotherme de Freundlich [5] est donnée par l'équation (5):

$$\mathrm{LnQ_e} = \mathrm{Lnk_F} + \frac{1}{\mathrm{n}}\mathrm{LnC_e} \quad (5)$$

tels que k_F est la constante de Freundlich qui exprime la capacité d'adsorption et *n* un facteur relatif à l'intensité d'adsorption, appelé aussi facteur d'hétérogénéité. La représentation graphique de la variation de *LnQe* en fonction de *LnCe* conduit à des droites de régressions à partir desquelles les valeurs théoriques *n* et k_F sont calculées par les pentes et les ordonnées à l'origine.

Le modèle de Redlich-Peterson [6] incorpore les caractéristiques des isothermes de Langmuir et de Freundlich dans une seule équation mathématique (Eq. 6).

$$\mathrm{Q_e} = (\mathrm{A_{R\text{-}P}.C_e})/(1 + \mathrm{K_{R\text{-}P}.C_e^{\beta}}) \quad (6)$$

Où, $A_{R\text{-}P}$ (L/mg)[et $K_{R\text{-}P}$ (L/g) sont des constantes de l'isotherme de Redlich-Peterson, et β l'exposent de ce modèle. Notons que le calcul de la constante $A_{R\text{-}P}$ nécessite une méthode d'affinement par itération et que l'exposent β oscillant entre 0 et 1, confère au modèle de Redlich-Peterson ses deux tendances limites, à savoir la forme du modèle de Langmuir quand $\beta = 1$ et la forme de la loi d'Henry pour $\beta = 0$.

La forme linéaire de l'isotherme de Temkin [7] ainsi que celui d'Elovich [8] est donnée respectivement par les équations (7) et (8):

$$\mathrm{Q_e} = \mathrm{B_T\ Ln\ (C_e/Q_e)} + \mathrm{A_T} \quad (7)$$

$$\mathrm{Ln\ (Q_e/C_e)} = \mathrm{Ln\ (K_E.\ Q_E)} - \mathrm{(Q_e/Q_E)} \quad (8)$$

avec, $B_T = R_T/b$: facteur lié à la température de la réactio d'adsorption (J/mol), A_T la constante de l'isotherme de Temkin (L/g), K_E: la constante d'équilibre d'Elovich (L/mg) et Q_E: La capacité maximale d'adsorption d'Elovich (mg/g).

Le degré d'adéquation des modèles théoriques aux résultats expérimentaux a été déterminé en se basant sur les coefficients de corrélation (R^2), le pourcentage de déviation de l'erreur (ARED ou ε (%)) (eq. 9), la déviation standard normalisée de l'erreur (NSED) (eq. 10) et la fonction fractionnaire hybride de l'erreur (HYBRID) (eq. 11).

$$\mathrm{ARED} = 1/\mathrm{N}\ \Sigma\ \left|\ (\mathrm{Qe_{,cal}} - \mathrm{Qe_{,exp}})\ /\mathrm{Qe_{,exp}}\ \right| \mathrm{x}\ 100 \quad (9)$$

$$\mathrm{NSED} = [\ (\ \Sigma\ ((\mathrm{Q_{exp}} - \mathrm{Q_{cal}})/\mathrm{Q_{exp}})^2/\ (\mathrm{N\text{-}1}))\ ]^{1/2} \quad (10)$$

$$\mathrm{HYBRID} = 1/(\mathrm{N} - \mathrm{P})\ \Sigma\ \left|\ \mathrm{Qe_{,exp}} - \mathrm{Qe_{,cal}}\ /\ \mathrm{Qe_{,exp}}\ \right| \mathrm{x}\ 100 \quad (11)$$

La figure 4 illustre bien que les modèles de Langmuir et celui de Redlich-Peterson permettent de décrire le mieux les données expérimentales de l'isotherme d'adsorption du RC sur les particules de boue compte tenu du coefficient de corrélation le plus élevé ($R^2 = 99\%$) et le pourcentage de déviation de l'erreur le plus faible (ARED = 2,79 et ARED = 1,42, respectivement).

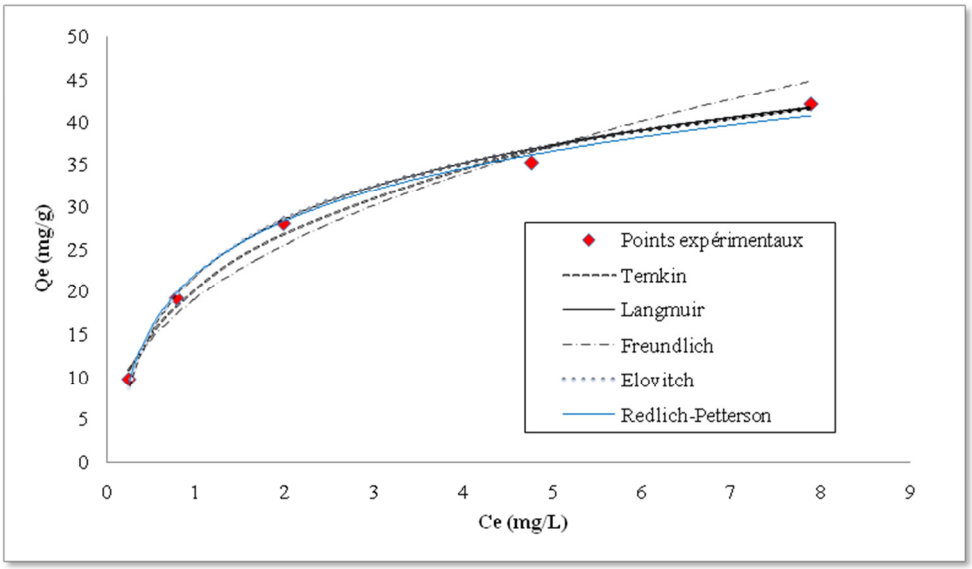


Fig. 4 Isothermes d'adsorption du RC sur les boues à 22°C

3.6. Analyse thermodynamique.

Dans le but de caractériser davantage le processus d'adsorption, des facteurs thermodynamiques incluant la variation de l'énergie libre d'adsorption, ΔG° (kJ/mol), la variation de l'enthalpie d'adsorption, ΔH° (kcal/mol) et la variation de l'entropie d'adsorption, ΔS° (cal/mol/K) ont été déterminés. Les calculs ont été effectués pour un intervalle de température de 22 à 60°C. Les valeurs négatives de l'énergie libre (ΔG°= (-5,49) – (-6,31) Kj/mol) indiquent que l'adsorption du rouge congo par les boues résiduaires est un processus spontané. La valeur positive de l'enthalpie libre (ΔH°= 14,5 Kj/mol) confirme l'aspect endothermique du processus et suggère un processus de rétention de nature chimique, par des liaisons probablement de type échange ionique ou transfert d'électrons. Enfin, la valeur positive de la variation de l'entropie (ΔS°= 0,3 J/K/mol), qui indique le degré de liberté des réactants sous-entend une adsorption thermodynamiquement favorable.

4. Conclusions.

Les boues résiduaires d'une industri textile ont été utilisées en tant que matrice adsorbante d'un colorant direct (Rouge Congo) pour son élimination des solutions aqueuses. Des essais d'adsorption en Batch, menés dans des conditions opératoires différentes ont permis de cibler les paramètres expérimentaux les plus déterminants entre autres le pH de la solution, la quantité d'adsorbant et la température. L'ensemble des résultats a montré que la capacité de rétention des boues augmente avec l'augmentation de la masse du support et la température. Une rétention optimale a été obtenue avec un pH 6.

Le modèle de cinétique d'adsorption de pseudo-second ordre et les modèles d'isothermes de Langmuir et de Redlich-Peterson, semblent décrire d'une manière satisfaisante le phénomène de biosorption, avec une capacité maximale d'adsorption de 47 mg/g, ce que laisse suggérer une adsorption en monocouches avec une forte affinité entre l'adsorbant et l'adsorbat. Une analyse thermodynamique des résultats d'adsorption dans une gamme de températures variant de 20 à 60°C a montré que le phénomène d'adsorption est de type endothermique, spontané, avec un processus de rétention de nature chimique, par des liaisons probablement de type échange ionique ou transfert d'électrons.

References

[1] C. Namasivayam, D. Kavitha, Removal of Congo red from water by adsorption onto activated carbon prepared from coir pith, an agricultural solid waste, Dyes Pigm., 54, 2002 (pp. 47-58).

[2] Y.S. Ho, G. McKay, The kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum Moss peat. Water Res. 34(3), 2000 (pp. 735-742).

[3] S. Lagergren, Zur theorie der sogenannten adsorption gelöster stoffe. Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens, Handlingar. 24, 1898 (pp. 1-39).

[4] I. Langmuir, The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum, J. Am. Chem. Soc. 40, 1918 (pp. 1361-1403).

[5] H. Freundlich, Over the adsorption in solution, J. Phys. Chem. 57, 1906 (pp. 385-470).

[6] O. Redlich, D.L. Peterson, A useful adsorption isotherm, J. Phys. Chem. 63, 1959 (pp. 1024-1026).

[7] M.I. Temkin, Adsorption equilibrium and the kinetics of processes on non homogeneous surfaces and in the interaction between adsorbed molecules, Zh. Fiz. Chim. 15, 1941 (pp. 296-332).

[8] S.Y. Elovich, O.G. Larinov, Theory of adsorption from solutions of non electrolytes on solid (I) equation adsorption from solutions and the analysis of its simplest form, (II) verification of the equation of adsorption isotherm from solutions, Izv. Akad. Nauk. SSSR, Otd. Khim. 2, 1962 (pp. 209-216).

Biosorption of Textile Dyes onto Sewage Sludge: Influence of Chemical Pre-treatment on Indigo Removal and Decolorization Assays of a Real Industrial Effluent

B, Mahjoub, I, Ben Brahim, and Y, M'Sadak

Department of Horticultural System Engineering and Environment
Higher Institute of Agronomic Sciences of Chatt-Mariem, BP. 47, 4042 Sousse
University of Sousse, Tunisia, mahjoub.borhane@gmail.com

Abstract. Industrial effluents treatment is becoming an obligation in Tunisia both environmentally and for water re-use. Biosorption of textile dyes onto powdered waste sludge appears a promising and inexpensive biological process. In the present work, batch experiments were carried out using powdered mud treated with five chemical products: the hydrochloric acid (HCl), the phosphoric acid (H_3PO_4), the hydroxide of sodium (NaOH), the peroxide of hydrogen (H_2O_2) and the hypochlorite of sodium NaClO. The results showed an increase of the retention rate for the mud pretreated to the hydrochloric acid (HCl) and the phosphoric acid (H_3PO_4). Indeed, the negative load neutralization and the possible creation of cationic sites had for consequence to increase the affinity of the biosorbant surface and the anionic molecules of the studied dye and therefore to increase the retention rate. Moreover, protonation had probably enhanced retention by hydrogen bonds. However, treatment with NaOH reduced the mud biosorption capacity which could be assigned to a positively loaded site reduction on the surface of the mud particles. In order to confirm the important dyes sorption capacity of the biosorbent, assays of decolorization by waste sludge have been conducted on a real textile wastewater. The experiments using a ratio of 1g of biosorbent per litre of solution showed very promising results with a quasi-total decolorization with an overall decrease of absorbance of 99%. A ratio of 0,5 g/L seems to be sufficient to permit a very satisfactory treatment (98% of) at pH 2. These study indicates then that the sewage sludge has the potential to be used as a biomaterial for dye removal process from textile industry wastewater.

Keywords: biosorption, chemical pretreatment, sewage sludge, textile wastewater.

1. Introduction.

Les préoccupations croissantes au sujet de l'environnement ont abouti à l'élaboration de nouvelles technologies respectueuses de l'environnement, et de nouvelles façons de réduire et minimiser les déchets [1]. Un des déchets produits par la société contemporaine en quantité abondante est la boue des stations d'épuration industrielles et municipales. Le volume produit est en voie d'augmentation, en relation avec l'augmentation du volume d'eaux usées municipales à traiter [2-5]. Diverses méthodes ont été utilisées pour éliminer ou utiliser des boues d'épuration municipales, y compris l'incinération, l'enfouissement, l'asphaltage des routes, la conversion en engrais, la compression en blocs de construction, etc [6-9]. Plutôt que de simplement éliminer les boues, leur usage judicieux peut être un moyen de transformer de ces déchets en une ressource utile. Une application qui semble prometteuse

est l'utilisation des boues d'épuration, composées essentiellement de bactéries mortes, comme biosorbant bon marché pour l'élimination des polluants des eaux usées [10].

Cette étude prend en compte les eaux usées industrielles colorées en général. Les colorants sont des contaminants fréquents dans les eaux usées industrielles et beaucoup d'entre eux sont connus pour être toxiques et cancérigènes. Les colorants sont largement utilisés dans les industries comme le textile, papier, plastique et en cuir pour la coloration des produits. Les effluents issus de ces industries contiennent souvent de fortes concentrations de colorants [11]. Au moins deux pour cent de la production des colorants sont rejetés directement dans les effluents aqueux, et 10% de plus sont, par la suite, perdus pendant le processus de teinture [12]. Il a été rapporté que plus de 100.000 colorants sont disponibles dans le commerce, avec une production de plus de 7 × 105 tonnes par an [13, 14]. Le rejet de ces colorants industriels dans les rivières et les lacs provoque une réduction de la teneur en oxygène dissous, entraînant des conditions anoxiques défavorables à la vie des organismes aérobies [15]. Outre les propriétés toxicologiques des colorants, leur couleur est l'un des premiers signes de contamination reconnue dans les eaux usées. Étant donné qu'une très petite quantité de colorants dans l'eau est très visible, elle touche souvent la valeur esthétique et la transparence de l'eau [16]. Dans ce cadre, le présent travail s'intéresse à l'étude des propriétés adsorbantes d'une boue résiduaires d'une station d'épuration industrielle, dans le but de dépolluer les rejets hydriques des industries textiles. L'indigo, un colorant largement utilisés en industrie textile, a été choisi comme polluant modèle.

Ainsi, cette étude trouve son intérêt global dans la recherche d'une nouvelle filière de valorisation des boues résiduaires, l'épuration des rejets hydriques d'industries textiles et la protection de l'environnement et des ressources en eau, et enfin, la recherche et l'optimisation de nouveaux procédés rentables de traitement des eaux.

2. Matériel et méthodes:

2.1. Préparation du biosorbant et de la solution colorée.

Les boues utilisées dans cette étude sont des sous-produits d'une usine textile, la Société Industrielle des Textiles (SITEX) à Ksar Hellal, Tunisie. Les boues ont été lavées abondamment avec de l'eau distillée puis séchées à l'étuve à 105°C pour ensuite être finement broyées à l'aide d'un mixeur. L'effluent textile réel a également été prélevé dans la station d'épuration des eaux de la SITEX, au niveau du bassin d'homogénéisation, c'est-à-dire avant son traitement. L'effluent a subit une filtration puis une centrifugation préalables afin d'en éliminer les impuretés. Très fréquemment utilisé, l'indigo a été retenu comme colorant textile modèle pour la présente étude. Les solutions mères ont été préparées en solubilisant des quantités précises de colorant dans l'eau distillée pour obtenir les concentrations désirées.

2.2. Procédures expérimentales.

Les expériences d'adsorption ont été réalisées en mettant en contact une certaine quantité de poudre de boue (0.1-0.5g) avec 500 mL de la solution colorée. Le pH initial des solutions est ajusté par addition de solutions diluées d'HCl et de NaOH. Les essais ont été conduits à température constante à l'aide d'un bain marie agité à 120 oscillations/min. Des prélèvements d'échantillons sont effectués périodiquement, à des temps adaptés à l'évolution globale de la cinétique d'adsorption. Pour l'étude des isothermes d'adsorption, les prélèvements sont effectués après un temps de contact suffisamment long pour atteindre un équilibre apparent (24h). Chaque échantillon subit ensuite une centrifugation de 10 min, à une vitesse de 6000 trs/min. La concentration du colorant indigo a été mesurée par

spectrophotomètre UV-Visible à la longueur d'onde 496 nm. Le taux de rétention du colorant par les boues est calculé à partir de la formule suivante :

$$\text{Taux de Rétention (\%)} = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \qquad (1)$$

avec C_o : la concentration initiale de la solution colorée en mg/L, C_e : la concentration à l'équilibre de la solution colorée après adsorption en mg/L.

Des essais comparatifs d'adsorption ont été menés en utilisant des boues brutes et des boues préalablement prétraitées par voie chimique. Les divers prétraitements réalisés sont : à l'hydroxyde de sodium (la soude) NaOH (0,1 M), à l'eau oxygénée H_2O_2 (0,1 M), à l'acide chlorhydrique HCl (0,1 M), à l'acide phosphorique H_3PO_4 (0,1 M) et à l'hypochlorite de sodium (l'eau de javel) NaClO (3° CHL). Le mélange boue/agent activant (3g/200ml) subit une agitation magnétique à une température de 20°C pendant 24 h. Les boues sont alors lavées à l'eau distillée jusqu'à la neutralité des eaux de lavage. Ensuite, elles sont asséchées dans l'étuve à 105 °C durant 24 h puis finement broyées. Les essais d'adsorption ont été menés d'après la méthodologie générale décrite précédemment.

3. Résultats et Discussion.

3.1 Cinétique d'adsorption de l'Indigo sur la boue

Afin d'étudier l'influence du temps de contact sur la capacité de rétention, 0,5 g de boue ont été mis en contact avec 500 ml d'une solution d'indigo concentrée à 150 mg/l et ayant un pH initial de 10.3, sous une agitation permanente de 120 rpm et à une température ambiante de 18°C. La cinétique d'adsorption peut être subdivisée en deux phases (voir figure 1): une première phase, au bout de 4h de contact, manifestant une rétention très rapide au cours de laquelle le taux de rétention atteint une valeur de 75%, correspondant à une quantité adsorbée de 100.3 mg/g de boue, et une phase plus lente qui traduit de stabilisation du phénomène d'adsorption avec atteinte d'un équilibre apparent, au bout de 24h, avec un taux de rétention de 98 % (quantité adsorbée de 147 mg/g).

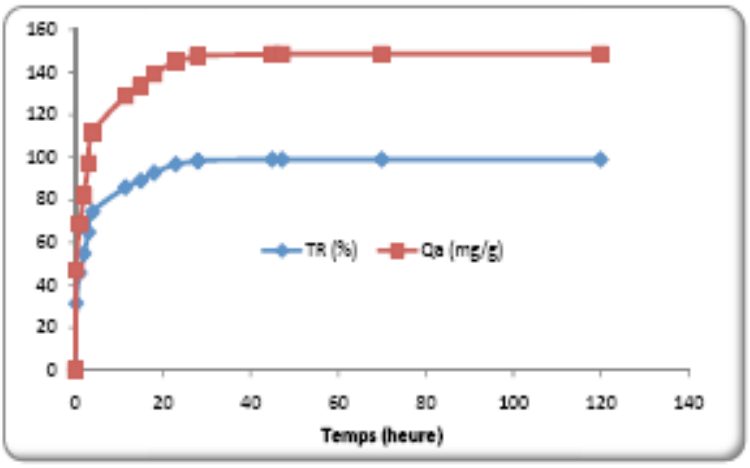


Fig. 1 : *Evolution des quantités adsorbées (Qa) et du taux de rétention (TR) de l'Indigo par les boues brutes (Co=150 mg/l; pHi=10.3; S/L= 1g/L; 120 rpm; T = 18 ±2°C).*

3.2. Effet de prétraitements chimiques des boues

Une série d'essais a été mise au point pour tenter d'améliorer le pouvoir adsorbant des boues, et ce par des actions de prétraitements acides (HCl et H_3PO_4), basiques (NaOH) et de blanchiment par oxydation (H_2O_2 et NaClO). Le pH initial des solutions à adsorber n'a pas été modifié et un essai

témoin a été réalisé dans les mêmes conditions avec des boues n'ayant pas subi de traitement préalable. Les résultats sont illustrés par la figure 2.

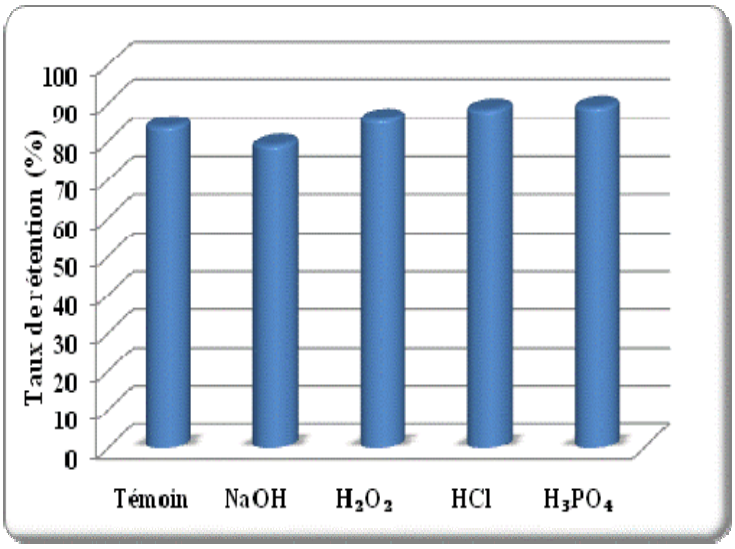


Figure 2.: Effet de certains prétraitements chimiques des boues sur leur capacité d'adsorption de l'indigo (Co=150 mg/l ; pH initial=10,8 ; S/L=0,4 g/l ; t=24h ;120 rpm ;22±2°C)

On constate une augmentation du taux de rétention global de 2,4% et de 3,2%, respectivement, pour les boues prétraitées à l'acide chlorhydrique (HCl) et l'acide phosphorique (H_3PO_4). En contre partie, une légère diminution de la capacité d'adsorption est observée dans le cas des boues prétraitées à la soude. De même, un blanchiment des boues par l'hypochlorite de sodium (eau de javel) à 3° CHL, a réduit le pouvoir adsorbant du support biologique de 3%, tandis que pour les boues blanchies à l'eau oxygénée, on a enregistré une légère amélioration du pouvoir adsorbant de d'environ 1%.

En effet, la neutralisation des charges négatives par les H^+ ajoutés et l'éventuelle création de formes protonées chargées ont pour conséquence d'augmenter l'affinité de la surface du biosorbant avec les molécules anioniques du colorant étudié. De plus, la protonation des groupement fonctionnels de la biomasse (notamment les groupements alcoolate et carboxylate) va favoriser l'établissement de liaisons hydrogène avec l'indigo, ce qui va donc accroître son taux de rétention. Dans la même logique, Par ailleurs, la légère réduction de la capacité d'adsorption des boues suite au traitement basique pourrait être attribuée à une réduction des sites chargés positivement à la surface des boues.

Néanmoins, et contrairement aux résultats de certains travaux comme ceux de Kargi et Ozmihci (2004) réalisés sur des boues d'une STEP urbaine, l'effet de l'activation chimique des boues reste relativement modeste et peu significatif. Ainsi, l'utilisation des boues déshydratées dans leur état brut (non prétraitées) permet d'exhiber des capacités d'adsorption bien assez satisfaisantes et ne nécessite pas l'ajout de produits, pouvant eux-mêmes être problématiques quant à leur impact environnemental.

3.3. Essais d'adsorption d'un effluent réel d'une industrie textile

Dans le but de prévoir la performance de notre support dans le domaine pratique, des essais ont été menés sur le rejet réel d'une industrie textile. Le mode expérimental consiste à mettre 0,5 g de poudre de boue dans 500 mL d'effluent en agitation à 120 rpm et à 24°C pendant 24 h, une durée suffisante

pour avoir une décoloration satisfaisante et juger l'effet des paramètres étudiés. Le taux de décoloration de l'effluent est déterminé par la mesure de l'absorbance initiale et finale dans la gamme de longueurs d'onde du domaine du visible (400-700 nm).

3.3.1 Effet du pH

Pour étudier l'effet du pH sur la décoloration d'un effluent réel, deux valeurs de pH ont été testées, le pH initial de 12,8 et un pH de 2. Les résultats sont illustrés par la figure 3:

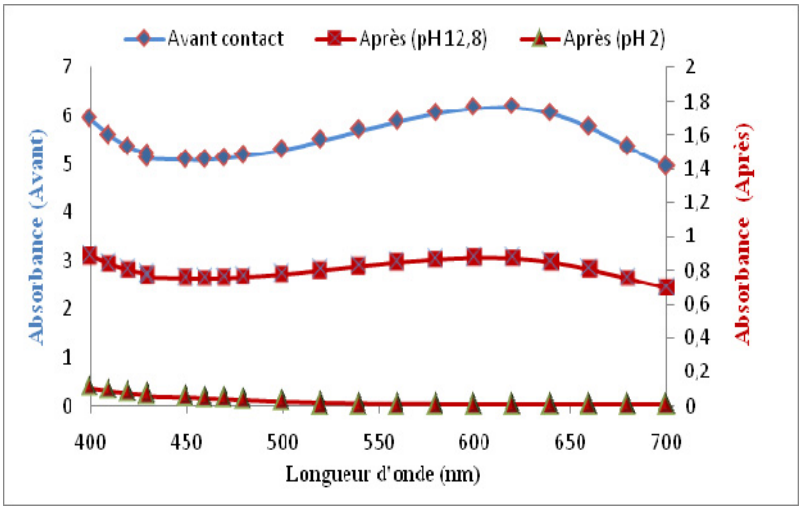


Fig. 3: Effet du pH sur la décoloration d'un effluent réel d'une industrie textile (S/L= 1g/l ; Temps de contact= 24 h ; T°= 24°C ; Agitation= 120 rpm)

D'après cette figure, un rabattement remarquable de l'absorbance a été observé pour l'essai réalisé à pH basique, avec un rabattement global de l'absorbance de près de 90%. Un résultat encore plus spectaculaire est obtenu pour l'essai mené à un pH=2, se traduisant par un rabattement de l'absorbance de plus de 99,5%. La décoloration de la solution de rejet réel par biosorption sur les particules de boue est donc quasi-totale à un pH acide, et reste très satisfaisante pour un pH très basique.

3.3.2. Effet de la teneur en biomasse

Deux rapports solide/liquide très petits ont été étudiés (0,5 g/L et 1g/L), en mettant en contact 0,25 et 0,5 g de boue avec 500 ml d'effluent réel, sous agitation continue à 120 rpm et à une température de 24°C. La figure 4 représente les résultats obtenus :

Un rabattement remarquable de l'absorbance de l'effluent réel a été observé pour les deux essais avec une diminution de l'absorbance de 99,7% pour une concentration de 1g/L et 98,6% pour une concentration de 0,5g/L. Ces résultats montrent bien l'efficacité de l'utilisation des boues en tant qu'adsorbant de rejet réel riche en colorants, même ajouté en faible quantité, et confirment les résultats obtenus concernant l'adsorption de l'indigo sur la boue étudiée.

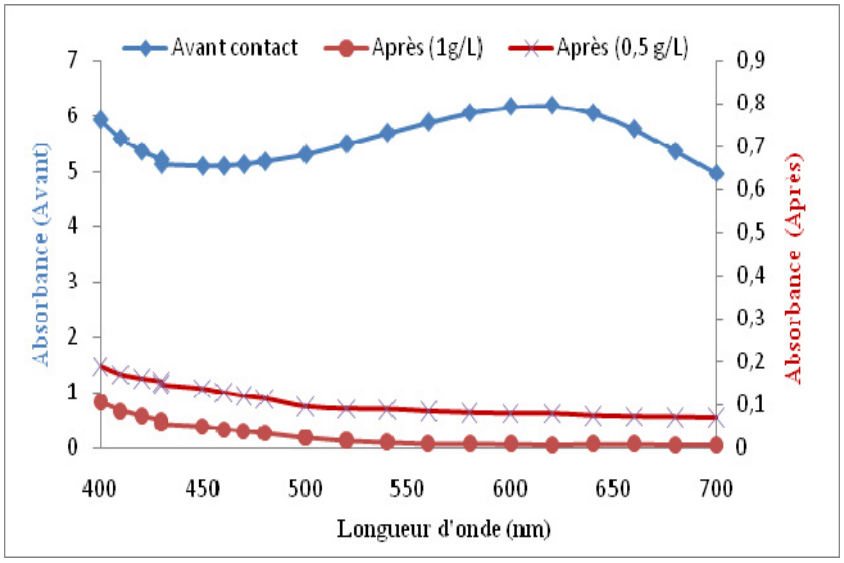


Fig 4: Effet de la concentration en biomasse sur la décoloration d'un effluent textile réel (pH= 2 ; Temps de contact= 24 h ; T°= 24°C ; Agitation= 120 rpm)

4. Conclusion

Il a été noté que la cinétique d'adsorption se fait en deux phases ; une première phase rapide qui se déroule en quelques heures, et une deuxième phase plus lente qui décrit l'atteinte progressive de l'état d'équilibre apparent. D'autre part, l'analyse des cinétiques et des équilibres d'adsorption a montré que cette dernière est fonction de plusieurs paramètres expérimentaux. Les essais de biosorption menés avec des boues qui ont subi des prétraitements acides (HCl ; H3PO4), basique (NaOH) et de blanchiment (H2O2 ; NaClO), ont montré que certaines attaques chimiques peuvent améliorer légèrement la capacité d'adsorption des colorants étudiés. Néanmoins, l'effet de ces prétraitements reste modeste et peu significatif, et par conséquent non rentable.

Les essais de décoloration de l'effluent textile réel ont montré des résultats très prometteurs avec une décoloration quasi-totale et un rabattement de l'absorbance de 99 %, avec un rapport massique S/L de seulement 1/1000 (g/ml). Un rapport de 1/2000 (g/ml) apparaît même être largement suffisant pour permettre une décoloration très satisfaisante (plus de 98 %).

Ainsi, le présent travail a révélé la possibilité prometteuse de la valorisation des boues d'industries textiles en tant que biosorbants en vue de la décoloration de rejets industriels. Néanmoins, des études sont en cours pour mieux dévoiler et optimiser les processus de biosorption par les boues industrielles. De même, il faut veiller à envisager des filières de recyclage des boues préalablement utilisées en tant que biosorbants, notamment la valorisation agricole (compostage) et la valorisation énergétique (production de biogaz et/ou production de bioélectricité ou incinération).

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier le Centre International des Technologies de L'Environnement de Tunis (CITET) pour leur support technique.

Références Bibliographiques

[1] Lanlan Yu, Qin Zhong, Preparation of adsorbents made from sewage sludges for adsorption of organic materials from wastewater, Journal of Hazardous Materials B137 (2006) 359–366

[2] L.H. Cecil, M. Peter, N. Juraj, Sludge management in highly urbanized areas, Water Sci. Technol. 34 (1996) 517–524.

[3] S. Jeyaseelan, G.Q. Lu, Development of adsorbent/catalyst from municipal wastewater sludge, Water Sci. Technol. 34 (1996) 499–505

[4] R.F. Hejazi, T. Husain, F.I. Khan, Landfarming operation of oily sludge in arid region-human health risk assessment, J. Hazard. Mater.

B99 (2003) 287–302.

[5] B. Mrayyan, M.N. Battikhi, Biodegradation of total organic carbons (TOC) in Jordanian petroleum sludge, J. Hazard. Mater. B120 (2005) 127–134.

[6] G.B. Willson, D. Dalmat, Sewage sludge composting in the USA, Biocycle 24 (1983) 20–23.

[7] N. Goldsteim, Biocycle survey sewage sludge composting as a medium amendment for chrysanthemum culture, J. Am. Soc. Hort. Sci. 100 (1985) 213–216.

[8] W.F. Hu, Synthesis of poly(3-hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) from activated sludge, Biotechnol. Lett. 19 (1997) 695–698.

[9] R.K. Nasrin, C. Marta, S. Giselle, Production of micro-and mesoporous activated carbon from paper mill sludge, Carbon 38 (2000) 1905–1915.

[10] Usarat Thawornchaisit, Kesinee Pakulanon, Application of dried sewage sludge as phenol biosorbent, Bioresource Technology 98 (2007) 140–144

[11] Ben Hamissa, A.M., Mahjoub, B., Ncibi,M.C., Seffen, M. Sorption of metal dye from aqueous solution by new biosorbent Agave americana (L) fibres. International Journal of Environmental Science and Technology, 2008, vol (4), p 501-508.

[12] Easton J. The dye makers's view. In: Cooper P, editor. Colour in dye house effluent. Bradford, UK: Society of Dyers and Colourists; 1995. p. 11.

[13] Zollinger H. Azo Dyes and Pigments, Colour Chemistry-Synthesis, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments. New York: VCH; 1987. p. 92–100.

Banat IM, Nigam P, Marchant R. Microbial decolorization of textile-dyecontaining effluents: a review. Biores Technol 1996;58:217–27.

[14] Aksu Z, Isoglu IA. Use of dried sugar beet pulp for binary biosorption of Gemazol Turquoise Blue-G reactive dye and copper(II) ions: equilibrium modeling. Chem Eng J 2007;127:177–88.

[15] Chander M, Arora DS. Evaluation of some white-rot fungi for their potential to decolorize industrial dyes. Dyes Pigm 2007;72:192–8.

[16] Mahjoub, B., Ncibi, M. C. and Seffen, M. Adsorption d'un colorant textile réactif sur un biosorbant non conventionnel : Les fibres de Posidonia oceanica (L.) Delile, The Canadian Journal of Chemical Engineering, 2008, vol 86 (1), p 23-29.

Ten Years of Research on Estrogenic Active Compounds in Tunisian Wastewaters: State of the Art and Driving Forces

O, Mahjoub[1, 3], A, Bahri[2], A. Escande[3], E. Gomez[3], C. Casellas[3], and H. Fenet[3]

[1] National Institute for Research in Rural Engineering, Water, and Forestry (INRGREF), Carthage University, Hedy Karray Street, P.O. Box 10, 2080, Ariana, Tunisia, olfama@gmail.com

[2] African Water Facility/African Development Bank (AWF/ADB), Ghana Street N° 13, P.O. Box 323, 1002, Tunis, Tunisia, a.bahri@afdb.org

[3] UMR 5569 Hydrosciences Montpellier, Université Montpellier 1, Avenue Charles Flahault, BP 14 491, F-34093 Montpellier, Cedex 05, France, aurelie.escande@univ-montp1.fr ; egomez@univmontp2.fr, casellas@univ-montp1.fr ; hfenet@univ-montp1.fr

Abstract. During the last two decades, researchers in developed countries (e.g. Europe, Unites States) have published numerous papers on the occurrence of estrogenic compounds in their wastewaters and demonstrated their likely hazardous long-term ecological impact after disposal. Tunisia can be considered as the first African country that has witnessed achievements in this field of research during the 2000's. Since now, published papers have investigated the estrogenicity of domestic and industrial effluents, surface waters, reclaimed water used for irrigation, groundwater, and environmental samples exposed to wastewaters such as soils and sediments. Despite the increasing trend of publications on this issue, the available data on the nature and the concentrations of estrogenic contaminants in wastewaters are still limited and scattered. Our paper aims at presenting the major accomplishments made by Tunisian research teams in improving the state of knowledge on the occurrence of estrogenic compounds in wastewaters during the last ten years. It emphasizes as well the driving forces and future prospects of this research field.

Keywords: Estrogenic compounds, wastewaters, research, Tunisia.

1. Introduction

"Estrogen-like" compounds are chemicals able to induce estrogenic activity in cells similar to that induced by natural estrogens. They are also called "endocrine disrupters" since some of them have been shown to cause physiological disorders on living organisms [1]. During the last two decades, many advanced countries in analytical and environmental bioassay techniques have published results on the estrogenic load of their wastewaters. On the other hand, very little research work has been carried out in African and South Mediterranean countries in spite of the large planned and unplanned, raw and treated wastewaters reuse, especially for crops irrigation. In Tunisia, the occurrence of estrogenic compounds started to be addressed during the last decade. Taking into consideration the future projects planned for reclaimed water reuse mainly for irrigation, a monitoring strategy of trace substances in wastewaters for a comprehensive evaluation of the long-term environmental and health impacts is needed. The objective of this paper is to give an overview on the main achievements made

during the last ten years by Tunisian researchers in the investigation of the estrogenic compounds released into wastewaters with highlight on the driving forces for advanced research in this field.

2. What is an estrogenic compound?

International organization and scientists have given several definitions of the estrogenic compounds. "Estrogenic", "estrogen-like", "environmental estrogens" or "xenoestrogens" [1] are compounds able to induce estrogenic activity in cells through the estrogen receptor. Biologically speaking, and according to the USEPA, the estrogenic compounds are compounds that may interfere with "synthesis, secretion, transport, binding, action or elimination of natural hormones in the body that are responsible for the maintenance of homeostasis, reproduction, development and/or behavior". Estrogenic compounds are also described as substances able to induce activities causing similar effect to those induced by natural estrogens, such as 17β-estradiol (E_2). They are also called "endocrine disrupters" [2] since most of these substances exhibit estrogenic effects [3]. Estrogenic compounds are mostly of synthetic origin, such as synthetic hormones, pesticides, plasticizers, and some heavy metals (e.g. Cadmium, Chromium, Lead, and Antimony) [4], while those naturally occurring are natural hormones and their metabolites, phyto- and mycoestrogens.

3. Estrogenic compounds in Tunisian wastewaters

Tunisia produces 238 MCM/year of secondary treated wastewaters [5] mainly of domestic origin (80%). Apart from the 63 MCM reused directly and indirectly for irrigation and aquifer recharge, the rest (75 to 80%) is disposed off in the receiving environment. Wastewaters are produced in 106 sewage treatment plants (STP) and 80% of them operate in activated sludge process. According to the scientific literature review, secondary treatment processes are not designed to remove trace contaminants in wastewaters. Moreover, most of the STP in Tunisia are aging (about 50% are operating for more than 10 years) and in many of them the produced effluents are not in compliance with the reclaimed water quality standards. In fact, during the period 2001-2003, sampling campaigns carried out over 36 STP in Tunisia (more than 50% of the total existing STP in that period) have shown that Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), and Biological Oxygen Demand (BOD) are likely to exceed the reclaimed water quality thresholds. Accordingly, effluents are highly expected to carry residual persistent and pseudo-persistent estrogenic contaminants.

To tackle the eventual long-term negative impacts of trace contaminants present in wastewaters on the ecological system, Tunisian researchers have undertaken research work in the early 2000's and succeeded to make one step forward in investigating the estrogenic potency of wastewaters. The majority of the work has been carried out in the framework of collaboration or bilateral cooperation with France and Japan. There are mainly three research teams that have contributed to the improvement of knowledge in this field. The first team has studied the occurrence of estrogenic compounds in raw and treated wastewater, and assessed the efficiency of treatment processes in removing them. It has also dealt with partitioning of the estrogenic substances between the aqueous phase and suspended solids. The second team has focused on the estrogenic compounds in reclaimed water used for irrigation, hereafter called "irrigation water", and irrigated soils and eventually contaminated groundwater. The third team has investigated the estrogenic activities in wastewaters and other samples (surface water, leachate). The results obtained by these teams, represented by their

respective authors Mnif, Mahjoub, and Limam, are exposed in the following. To allow easier interpretation of the presented data, the estrogenic activities obtained using the luciferase reporter gene assay were expressed as pM E_2-Eq/L, while the results obtained using the E-screen assay were expressed as percentage (%).

3.1. Estrogenic compounds in raw and treated wastewaters

The first paper that has investigated the occurrence of estrogenic compounds in Tunisian wastewater was published at a national Tunisian level by Mnif in 2004 [6]. It has dealt with raw wastewaters sampled at the inlet of four STP collecting wastewaters of different origins (domestic, industrial, agricultural, and hospital). The estrogenic activity of the filtrated influents was measured using the luciferase reporter gene assay. The results have shown that influents from industrial and hospital origin induced almost similar estrogenic activity with 514 pM E_2/L (Table 1). These values are higher than those registered for the domestic and agricultural influents, which were not estrogenic. In 2006, effluents from a STP known by its tourist activity were measured using the same bioassay technique as above; the estrogenic activity was of 266 pM E_2-Eq/L [7]. Four years later, Mnif et *al.* have studied the estrogenic activity of two treated wastewaters, touristic and domestic [8]. The registered estrogenic activity was comprised between 230 and 290 pM E_2-Eq/L (Table 1). These values are in the same range of those registered in 2006. Taking into account the suspended matter present in both samples, the calculated estrogenic activity was between 21 and 31 pM E_2-Eq/L, which is ten to twenty times lower than the values cited above. In a second paper, Mnif et *al.* [9] have focused on the partitioning of the estrogenic activity between aqueous and particular phases in wastewaters. In this experiment, three sewage treatment plants located along the coastal area, namely Bizerte (North), Sousse (Center), and Sfax (South) were studied (Figure 1). It has been found that filtrated effluents from Sfax industrial STP were slightly less estrogenic than the corresponding filtrated influent (290.4 pM E_2-Eq/L for influent vs. 215.1 pM E_2-Eq/L for effluent) resulting in a low removal rate (26%) in the aqueous phase. Whilst there were no estrogenic activity detected in the filtrated domestic effluents from Sousse as it was below the limit of quantification (172.8 pM E_2-Eq/L) (Table 1); this corresponds to a high removal rate of 88%. In a second set of samples issued from Sfax and Sousse STP, suspended matter was separated from aqueous phase and both were tested for their estrogenic activity [9]. It was found that the estrogenic activity measured in aqueous phase was between 200.3 and 300.3 pM E_2-Eq/L while the activity ranged between 29.4 and 90 pM E_2-Eq/g in the suspended matter. The estrogenic activity reported to the load of suspended matter was equal to 30.1 and 20.9 pM E_2-Eq/L, respectively, corresponding to about 15% of the values registered in the aqueous samples. It has been further confirmed that the estrogenic compounds responsible of the estrogenic activity in the aqueous samples were high-affinity compounds such as natural and synthetic estrogenic hormones. In fact, E_2 and estrone (E_1) were made known to be responsible of the estrogenic activity in wastewaters. On the other hand, the low-affinity compounds, such as alkylphenols, were responsible of the estrogenic activity detected in the suspended matter. Based on these results a ranking of the examined STP wastewaters can be made (Table 1) to show that irrigation water is less estrogenic compared to the others effluents samples. Nonetheless, at this stage we cannot give a reliable explanation because there are many factors that may intervene like the seasonal variation, climatic conditions, hydraulic and biological flow, etc.

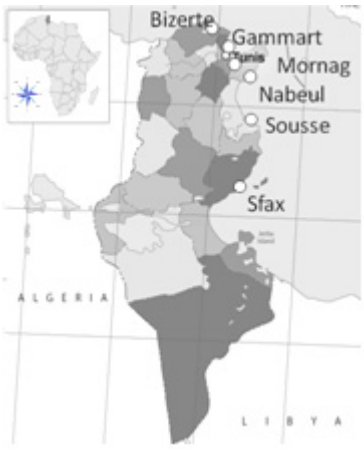


Figure 1 . Regions in Tunisia where studies have been carried out on estrogenic active compounds in wastewaters

To study the estrogenicity of wastewaters, Limam et *al.* [10] have used the E-screen assay based on cell proliferation to measure the estrogenic activity of raw, treated wastewater, and wastewater at various stages of intermediary treatment. Consequently, their results cannot be compared to the previous ones. The obtained results are compared to the negative control that gives 100% of estrogenic activity and the positive control with maximum cell proliferation obtained with E_2 at 29 nM. In this experiment, wastewaters were collected from three STP. Six samples were collected from the stabilization ponds STP in Gammart city, three samples from a pilot stabilization ponds STP, and three samples from an activated sludge STP in Mornag city (Figure 1). All water samples were filter-sterilized beforehand thus the measured activities are related to the presence of estrogenic compounds in the dissolved phase. For Gammart STP, raw wastewater, wastewater from the first decantation pond and the output of the primary stabilization pond were highly estrogenic with 150%, and even more than 200%. At the STP outlet, and once passed three more ponds, the estrogenicity of the treated wastewater has slightly decreased to less than 150%. It was also shown through the results obtained in the pilot STP that despite the degradation of the organic pollution expressed by the BOD, COD, and total organic carbon (COT) there was no decline of the estrogenic activity. This means that even if treated wastewaters are in compliance with the discharge or reuse national quality standards, they may be estrogenic because to the dissolved compounds that totally or partially by-pass the treatment process. In Mornag STP, the raw wastewater was estrogenic with 140%, and the decrease in the pollution parameters was followed by a decrease in the estrogenic activity to 110%. This shows the efficiency of the activated sludge compared to the stabilization ponds process in degrading the estrogenic compounds. Given that some samples exhibited high estrogenic activity comparable to that of E_2, the concentration of the latter was measured by the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) test. The concentrations in the raw wastewater, initially comprised between 2338.8 and 3515.9 ng/L, have decreased to 25.1 and 55.6 ng/L in the respective effluents corresponding to a removal rate of 98 to 99%. This indicates that the estrogenic activity in the dissolved phase is mainly due to hormones.

Sample	Bioassay Technique	Estrogenic activity	Unit	Reference
Irrigation water	Reporter gene assay	77.6	pM E_2-Eq/L	Mahjoub et *al.* (2009)
Irrigation water	Reporter gene assay	114-169.1	pM E_2-Eq/L	Mahjoub et *al.* (2010)
Effluent	Reporter gene assay	266	pM E_2-Eq/L	Mnif et *al.* (2006)
Influent/Effluent	Reporter gene assay	< LQ (172.8)-290.4	pM E_2-Eq/L	Mnif et *al.* (2010)
Effluent	Reporter gene assay	230-290	pM E_2-Eq/L	Mnif et *al.* (2010)
Influent	Reporter gene assay	nd-514	pM E_2-Eq/L	Mnif et *al.* (2004)
Effluent	E-screen assay	110-200	%	Limam et *al.* (2007)
Irrigation water	E-screen assay	100-110	%	Ben Fredj et *al.* (2010)

Table 1 . Estrogenic activities registered in dissolved phase of Tunisian wastewaters, LQ: limit of quantification

3.2. Estrogenic compounds in treated wastewater reused for irrigation (irrigation water)

In Tunisia, more precisely in Nabeul region (Figure 1), wastewaters were reused since the 80's for citrus irrigation during spring-summer period, and for aquifer recharge during autumn-winter period to tackle aquifer pollution and sea water intrusion. An outline of the preliminary results of the first research work that has dealt with estrogenic compounds in irrigation water in this area were presented by Mahjoub et *al.* in 2006 [11]. Then, a thorough paper was published in 2009 to address the issue of the estrogenic compounds in irrigation water and irrigated soils in Nabeul [12, 13]. The results showed an estrogenic activity of 77.6 pM E_2-Eq/L in filtrated irrigation water. During the course of a second sampling campaign carried out on the irrigation water of a second irrigated plot in July and September, the mean registered activities were of 114 pM E_2-Eq/L and 169.1 pM E_2-Eq/L, respectively. We can conclude that the estrogenicity of the irrigation water in the area of Nabeul is highly variable. These values are the lower ones observed and this could be attributed to seasonal variations, illegal discharge of industrial wastewater in the public sewerage network without pre-treatment, effluents discharged from slaughterhouses and hospitals, etc.

Finally, it is worthwhile to add that an on-going research work has investigated the estrogenic inorganic chemicals that may act as metalhormone [14]. Indeed, Ben Fredj et *al.* [15] have studied the estrogenic activity caused by Cadmium.

4. Driving forces and perspectives for research

In Tunisia, the volume of treated wastewater is expected to attain 500 MCM by the year 2021, thus representing 10% of the total available water resources. While wastewater reuse is an integral part of the water resources mobilization decennial strategy (2001-2011), a rate of reuse of 50% was aimed for through the diversification of patterns, creation of tailored schemes of reuse, and amendment of the reclaimed water irrigation quality standards. The main orientations are the expansion of the irrigated areas (additional 25,000 ha) by the transfer of effluents from the North of the country to new areas of reuse in the Center, and the artificial recharge of aquifers threatened by salinization. The implementation of these new projects needs more comprehensive research studies than before dealing with the transfer, behavior, and fate of contaminants, because of the emerging chemical substances like the estrogenic ones that were not considered by the past. According to the current situation, the scientific community has the heavy task to fill the exiting gaps of knowledge and to communicate their results to decisions-makers so that they can take the appropriate decisions regarding this issue. For

instance, to deal with the emerging estrogenic substances in wastewaters new approaches should be developed, and the followings actions are suggested:

- Setting up multidisciplinary research projects involving national competencies and specialists for inventorying available data, developing methodologies and procedures for sample collection, treatment, and analysis to provide tangible results and homogeneous data that can be interpreted and exploited easily.

- Assessing the estrogenic load of discharged and reused wastewaters as well as the efficiencies of the treatment processes in removing these substances during the course of national and international projects. Emphasis should be put on persistent substances and their load in reclaimed water used for irrigation and aquifer recharge as well as in sewage sludge since their spread may contaminate soil, groundwater, and plants.

- Setting up a consortium of researchers, specialists, and professionals to communicate results to policy-makers and decision-makers to enhance discussion and take appropriate decisions in order to minimize health and environmental risks related to the wastewater polluting load.

- Organizing events on the emerging contaminants in wastewaters to exchange informations among scientists, professionals, and policy-makers in order to identify the priority areas to be developed during the course of future projects.

5. Conclusions

The occurrence of the natural and synthetic, organic and inorganic, estrogenic compounds in the environment is mainly associated to the discharge of wastewaters of various origins in the water bodies. In Tunisia, wastewater quality has to be improved and monitored on a more large scale in regard with the presence of these contaminants to prevent the likely adverse health and environmental impacts related to reuse. The available data has to be complemented through new federating research projects between national and international competences. Cooperation between Tunisian researchers on one hand and more advanced foreign countries has to be reinforced as a contribution to the transfer of knowledge and technology.

References

[1] S. Snyder, D. Villeneuve, E. M. Snyder and A. Giesy, Identification and quantification of estrogen receptor agonists in wastewater effluents, Environmental Science and Technology, 2001, (pp. 3620-3625).

[2] P. Balaguer, A.-M. Boussioux, E. Demirpence and J.-C. Nicolas, Reporter cell lines are useful tools for monitoring biological activity of nuclear receptor ligands, Luminescence, 2001, (pp. 153-158).

[3] J. A. McLachlan, E. Simpson and M. Martin, Endocrine disrupters and female reproductive health, Best Practice & Research Clinical Endocrinology & Metabolism, 2006, (pp. 63-75).

[4] S.-Y. Choe, S.-J. Kim, H.-G. Kim, J. H. Lee, Y. Choi, H. Lee and Y. Kim, Evaluation of estrogenicity of major heavy metals, The Science of The Total Environment, 2003, (pp. 15-21).

[5] ONAS, Annual Report, 2009, p 35.

[6] W. Mnif, A. Pillon, M. Banni, H. Bousetta, P. Balaguer and A. Bartegi, Estrogenic activity of water at wastewater treatment plants, Microbiologie Hygiène Alimentaire, 2004, (pp. 12-17).

[7] W. Mnif, R. Barbouche, A. Pillon, A. N. Helal, P. Balaguer and A. Bartegi, Detection of estrogenic and androgenic activities of wastewater treatment plants using cultured cell lines, Microbiologie Hygiène Alimentaire, 2006, (pp. 65-69).

[8] W. Mnif, A. Ibn Hadj Hassine, I. Zidi, S. Dagnino, A. Bouaziz, H. Fenet, Y. Haj Hammouda, P. Balaguer and A. Bartegi, Occurrence of estrogenic and pregnane X receptor specific activities in Tunisian sewage treatment plants using a panel of bioassays, Immuno-analyse et biologie spécialisée, 2010, (pp. 1-5).

[9] W. Mnif, S. Dagnino, A. Escande, A. Pillon, H. Fenet, E. Gomez, C. Casellas, M.-J. Duchesne, G. Hernandez-Raquet, V. Cavaillès, P. Balaguer and A. Bartegi, Biological analysis of endocrine-disrupting compounds in Tunisian sewage treatment plants, Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2010, (pp. 1-12).

[10] A. Limam, T. P. N. Talorete, M. Ben Sik Ali, M. Kawano, A. Jenhani Ben Rejab, Y. Abe, A. Ghrabi and H. Isoda, Assessment of estrogenic activity in Tunisian water and wastewater by E-Screen assay, Environmental Science, 2007, (pp. 43-52).

[11] O. Mahjoub, E. Gomez, M. Leclercq, M. Bachelot, C. Casellas, A. Escande, A. Bahri and H. Fenet, Estrogenic activity in environmental samples from a reclaimed water irrigated area. Oued Souhil area (Nabeul, Tunisia) case study. The Third International Conference on the Water Resources in the Mediterranean Basin (WATMED3). 2006, available on CD.

[12] O. Mahjoub, M. Leclercq, M. Bachelot, C. Casellas, A. Escande, P. Balaguer, A. Bahri, E. Gomez and H. Fenet, Estrogen, aryl hydrocarbon and pregnane X receptors activities in reclaimed water and irrigated soils in Oued Souhil area (Nabeul-Tunisia), Desalination, 2009, (pp. 425-434).

[13] O. Mahjoub, M. Leclercq, M. Bachelot, C. Casellas, A. Escande, P. Balaguer, A. Bahri, E. Gomez and H. Fenet, Corrigendum to "Estrogen, aryl hydrocarbon and pregnane X receptors activities in reclaimed water and irrigated soils in Oued Souhil area (Nabeul-Tunisia)", Desalination, 2011, In press.

[14] C. Byrne, S. D. Divekar, G. B. Storchan, D. A. Parodi and M. B. Martin, Cadmium - Ametalhormone, Toxicology And Applied Pharmacology, 2009, (pp. 266-271).

[15] F. Ben Fredj, M. Irie, J. Han, A. Charef, A. Gharbi and H. Isoda, Biomarkers of pollution in soils irrigated with wastewater in Tunisia, WIT press, United Kingdom, 2010, (pp 435-446).

Contribution à la mise en évidence de l'expérience de l'Algérie dans la gestion intégrée des ressources en eau

O. Rouane Hacene[1], B. Belhouari[1], C. Mahi[2], M. Mansouri[3], et H. Ouyahia[4]

[1] Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Oran. Algérie. rouaneho@yahoo.fr
[2] Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Oran, Algérie.
[3] Centre de Formation Professionnelle, Hassi Bounif, Oran, Algérie.
[4] Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie.

Abstract. Water in Algeria is an element of survival, it strongly influences the social and economic development. It is this report that Algeria became aware of the need and urgency to change its water policy. Like many countries, the new policy focuses on integrated management of water resources. Thus, the strategic nature of the water sector in Algeria, constantly reminded by the acuity, should justify the maintenance of a high level of investment by the Algerian state. The availability of multilateral financing offers additional flexibility to the Algerian authorities to carry out their policy.
Through this work we try to describe and analyze the experience of Algeria in the management of water and confirm that integrated water management requires coordinated properly with the policy planning. For this, the scientifical and financial resources are essential.

Keywords: Water, Algeria, integrated management, sustainable development.

1. Introduction.

Les ressources en eau sont appelées à faire face à des défis majeurs engendrés d'une part, par un déficit pluviométrique important et leur rareté et d'autre part, par leur répartition géographique variable. Cette problématique qui devient de plus en plus préoccupante, nécessite par voie de conséquence, une prise en charge efficiente et effective afin de garantir un approvisionnement régulier en eau des différents utilisateurs.
A ce titre, le plan de relance économique initié en 2001 par le gouvernement algérien, et le programme d'investissement et de développement du secteur de l'eau, qui occupe une place importante dans le programme quinquennal (2010- 2014) [1], gagneraient à être accompagnés et complétés par les mesures adéquates en matière de gestion du service public et par des actions de recherche scientifique et de développement technologique qui pourraient avoir un impact positif sur la ressource en eau d'une manière générale.
Ainsi à travers cette étude nous essayons de donner un aperçu sur l'expérience de l'Algérie dans la gestion des ressources hydriques dans une perspective de développement durable.

2. Les Ressources en eau

Le pays est divisé en 5 bassins hydrographiques regroupant les 19 bassins versants du pays [2]. Hormis quelques cours d'eau côtiers, le seul fleuve de l'Algérie est le Cheliff (725km), qui prend sa source dans l'Atlas tellien et se jette dans la Méditerranée. Il n'existe pas de cours d'eau permanents au

sud de la région du Tell. Les lacs qui parsèment les régions désertiques sont des lacs temporaires, salés pour la plupart (Chott Chergui, Chott el Hodna) [3].

2.1. Les ressources conventionnelles

Les ressources en eau superficielle renouvelables internes totalisent environ 10 milliards de m3/an pour l'ensemble du pays dont le Sahara, bassin le plus important par la surface, ne renferme que 0.2 milliard de m3. Les ressources en eau souterraine renouvelables contenues dans les nappes du nord du pays sont estimées à près de 2 milliards de m3/an [4].
Le sud du pays se caractérise par l'existence de ressources en eaux souterraines très importantes provenant des nappes albienne. Ces dernières constituent des réserves importantes, non renouvelables et caractérisées par des contraintes physiques et géologiques. C'est donc un patrimoine fragile qui nécessite une gestion rationnelle pour sa durabilité [3]. Les études effectuées montrent que sur un potentiel de 40000 milliards de m3, 5 milliards peuvent être exploités annuellement et ce, sans impact sur la durabilité de ces nappes.
Si l'on considère qu'il n'existe pas de partie commune entre eaux de surface et eaux souterraines, les ressources totales renouvelables internes s'élèvent à 12 milliards de m3/an [4]. Dans l'Algérie du nord, l'apport principal vient du ruissellement. Les eaux de surface sont stockées dans les barrages (fig. 1).

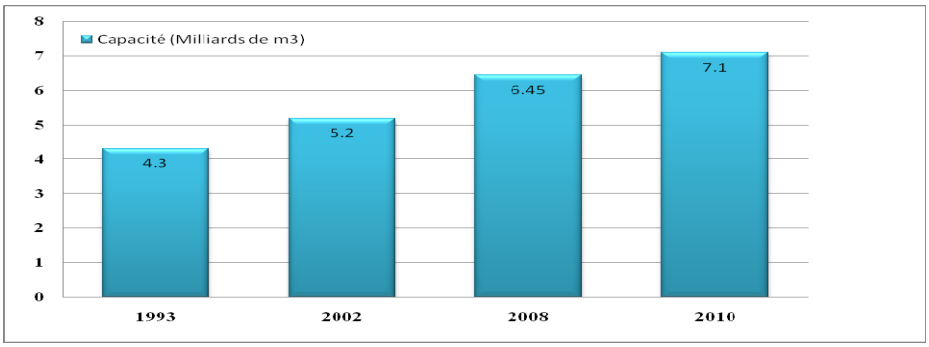


Fig 1 : La capacité des barrages en Algérie de 1993 à 2010.

Pendant les 5 dernières années, le taux global de remplissage des barrages en exploitation a progressé régulièrement pour se situer à 33.94% 2006, 40.21% en 2007, 48.26% en 2008, 60.84% en 2009 et à 65.17% en 2010, pour le même mois de référence [5].
A l'heure actuelle, la réserve totale des ressources hydriques superficielles utilisable dans les barrages en exploitation avoisine les 4 milliards de m3, soit un taux de remplissage de 68%.

2.2. Les ressources non conventionnelles

Pour consolider la sécurisation de l'approvisionnement en eau des grandes villes algérienne et des localités côtières, le dessalement d'eau de mer est une autre voie possible. Les stations de dessalement d'eau ont d'abord été intégrées aux infrastructures des ressources en eau dans le cadre d'un programme d'urgence. Ainsi, vingt et une (21) stations monobloc ont ainsi été réalisées en 2003 et servent à fournir de l'eau potable. La réalisation de treize (13) stations de dessalement de grande capacité a été depuis lancée. Les neuf (09) stations de dessalement restantes devraient être opérationnelles en 2011. Elles doivent à terme fournir 2.3 millions de m3 par jour [1].

En Algérie, la réhabilitation et la réalisation de stations d'épuration a permis le traitement des eaux usées. Ainsi, le traitement a concerné en premier lieu les agglomérations de plus de 100000 habitants, les agglomérations situées en amont des barrages (en exploitation ou en construction) et les villes côtières. Le nombre de stations d'épuration atteint à ce jour les cent deux (102) unités, d'une capacité de 600 millions m3 par an. Les eaux usées épurées sont une alternative pour développer la mise en valeur des terres surtout dans les régions déficitaires en eau. Elles seraient aussi une solution pour recharger artificiellement les nappes phréatiques en situation de surexploitation et les nappes côtières connaissant une salinisation [1].

3. Les besoins en eau

Au regard des ressources mobilisable existantes, les prélèvements exercés sur les ressources hydriques apparaissent comme importants. Ils ont été estimés à prés de 4.2 milliards de m3 dont 78% issus des nappes souterraines. Les ressources hydriques prélevées sont absorbées pour prés de 60% par l'agriculture le reste par le réseau d'alimentation en eau potable et l'industrie. Il faudrait relever, toutefois, que ces prélèvements intègrent les pertes considérables liées à la vétusté des systèmes de distribution de l'eau potable et de l'irrigation. Ces pertes ont été estimées à prés de 570 millions m3 en 2003 [6].

Ces besoins ont augmenté ces dernières année ainsi la demande en eau correspond à 5 milliards de m3 annuellement avec une dotation de 170 m3/ habitant/ an. Cette consommation se situe au-delà de 250 m3/ habitant/ an, ce que retient l'OMS pour norme au niveau mondial. Selon les hydrologues, ce niveau correspond déjà à un état de carence [3].

4. Stratégies nationales pour la gestion intégrée de l'eau en Algérie

La nouvelle politique de l'Algérie en matière de mobilisation, de transfert et de gestion des ressources en eau s'inspire de la politique d'aménagement du territoire, basée sur les principes suivants: (i) Durabilité de la ressource ; (ii) Satisfaction en priorité des besoins en eau potable et industrielle ; (iii) Sécurité alimentaire ; (iv) Protection de la ressource en eau et de l'environnement ; (v) Création d'une dynamique de rééquilibrage du territoire et bonne gouvernance [4].

Par ailleurs, l'Algérie dans sa Communication Nationale Initiale prévoit la mise en place d'un programme d'action en vue de s'adapter au changement climatique. En matière d'eau, ce programme intégrera la conservation du sol, la protection, la conservation et l'extension forestière et l'aménagement des bassins versants et devra mener de front deux types d'actions: la gestion optimale et l'économie des ressources en eau [7].

4.1. Dispositions législatives et institutions de gestion de l'eau

Le Code de l'eau n'a été promulgué qu'en 1983, reflétant une prise de conscience tardive de l'importance hydraulique dans le processus de développement économique et social [3]. En ce qui concerne le secteur de l'eau, les principales lois qui ont été promulgués sont:

La loi n° 85-05 du 15 février 1985 relative à la protection et l'amélioration de la santé; les lois n° 90-08 du 17 avril 1990 et n° 90-09 du 27 avril 1990 relatives à la commune et à la wilaya et qui définissent les compétences de ces dernières en matière de service public de 1'eau; loi N° 05-12 du 4 août 2005 relative à l'eau et la loi N° 08-03 du 23 janvier 2008 modifiant et complétant la loi n° 05-12 relative à l'eau.

En 2010, a été promulgué un décret exécutif N° 10-01 du 4 janvier 2010 relatif au plan directeur d'aménagement des ressources en eau et au plan national de l'eau.

Le Ministère des Ressources en Eau (MRE) avec ses six (06) directions sont les plus actives dans la gestion des ressources hydriques.
Au niveau local, dans chaque wilayas, le MRE dispose d'une direction de l'hydraulique.
Au niveau intermédiaire, le MRE est doté de trois agences: l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, l'Agence Nationale des Barrages et l'Agence Nationale de Réalisation et Gestion des Infrastructures Hydrauliques pour l'Irrigation et le Drainage ; et de cinq Agences de Bassin Hydrographique créées en 1996 et chargées de la gestion intégrée des ressources en eau et s'appuient sur des comités de bassin.
En plus des offices de périmètres irrigués, du Conseil National de l'Eau (CNE) (organe de coordination et de régulation) et des Ministères de l'Agriculture et de la Pêche, et celui de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement [4].
L'Alimentation en Eau Potable (AEP) et l'assainissement sont assurés par l'Algérienne des Eaux (ADE), et l'Office National de l'Assainissement (ONA), créés en 2001.

4.2. Aperçu sur la situation actuelle de l'irrigation, l'assainissement et l'AEP

Le programme de relance dans le domaine de l'agriculture va créer une nouvelle demande en besoin d'irrigation s'ajoutant à celle déjà exprimée. En effet, la superficie équipée d'infrastructures au niveau des grands périmètres irrigués est de 220000 ha. Il est à noter que plus de 157000 ha ont été développés lors de la dernière décennie (2000-2009).
Les petits et moyens périmètres d'irrigation couvrent une superficie de 900000 ha. Leur particularité est la nature de la ressource eau principalement extraite à partir des ressources souterraines. De plus, l'Algérie dispose d'un parc de retenues collinaires qui comprend plus de quatre cent (400) ouvrages. Il est à noter que plus d'une centaine de retenues ont été réalisées durant la dernière décennie (2000 – 2009). Ces ouvrages permettent de mobiliser plus de cinquante (50) millions de m3 et d'irriguer une superficie de 10000 ha [1].

Le raccordement de la population urbaine au réseau public a atteint les 86 % en 2009[8]. Les réseaux d'assainissement ont atteint un linéaire de 40000 km. Parmi les projets les plus importants il est à noter ceux concernant les travaux d'assainissement et de protection contre les innondations de la vallée du M'Zab et des villes de Sidi Bel Abbés et de Tébessa ainsi que les travaux de lutte contre la remontée des eaux dans les régions d'El Oued et Ouargla dans le sud [1].

Le taux de raccordement de la population urbaine au réseau public d'eau potable est de 93 % en 2009 avec une dotation moyenne de 170 litres par jour par habitant. Ces résultats ont été obtenus grâce à la réalisation de nombreuses adductions à partir de barrages et nappes aquifères et à la réhabilitation des réseaux d'alimentation en eau potable des cités. Parallèlement, suite à la mise en œuvre d'une politique d'amélioration des performances des opérateurs, la gestion de l'eau et de l'assainissement au niveau de la capitale et de trois autres grandes villes (Oran, Constantine, Annaba) a été délégué à des sociétés par actions dont le management a été confié à des opérateurs internationaux de renom sur la base de contrats à objectif incluant le transfert de savoir- faire.
La tarification de l'eau est administrée par voie réglementaire. A cet égard, il convient de retenir que le m3 d'eau est facturé sur la base d'instructions gouvernementales et d'un système sélectif et progressif qui dégage globalement une part subventionnée de l'ordre de 45 à 50 % et ne prend pas en compte le coût réel de l'eau, variable d'une région à l'autre [3].

Cependant, un nouveau système de tarification à été mis en place et qui basé sur des critères de zones et de l'importance de la consommation. Ainsi, le citoyen ne paye en moyenne que 19 DA/m3 alors que le véritable coût peut atteindre 150 DA/m3 dans certaines régions.

4.4. Les grands projets réalisés et en cours dans le domaine hydrauliques

L'enveloppe d'investissement pour le court, moyen et long terme est présentée dans le tableau ci-dessous (Tableau1) et est exprimée en millions de dollars US. Elle a été établie sur la base du schéma directeur des grandes infrastructures hydrauliques 2006 – 2025.

	Type d'investissement (millions US$)				
	Hydraulique agricole	**Alimentation en eau potable**	**Assainissement et épuration**	**Mobilisation des ressources en eau**	**Totale**
Court terme	*1530*	*7470*	*1770*	*15920*	*26690(*)*
Moyen terme	*960*	*1940*	*940*	*2850*	*5844*
Long terme	-	*330*	*1470*	*530*	*2330*
Total	*2490*	*9740*	*4180*	*19300*	*35710*

(*) Y compris l'enveloppe déjà mobilisée – 22.5 milliards US$.

Tableau 1. Planning d'investissement selon le schéma directeur des grandes infrastructures hydrauliques.

A travers ce schéma, l'état algérien prévoit les réalisations suivantes: la construction de 16 barrages à travers le territoire national pour une capacité supplémentaire de 1.8 milliard de m3, le grand projet de transfert d'eau à partir de la nappe de Ain Salah vers Tamanrasset (770 Km) (réceptionné en Mars 2011), système hydraulique Mostaganem-Arzew-Oran (mis en service en juillet 2009) dont la livraison, en totalité, est prévue au cours de 2011, le projet de transfert vers les hautes plaines sétifiennes , et l'extension du système Beni Haroun par la réalisation de l'interconnexion des cinq barrages le composant [9].

4.5. Les perspectives pour la gestion de l'eau:

Les différents composants du prochain programme quinquennal du secteur des ressources en eau devront contribuer à la consolidation des résultats obtenus par le secteur et asseoir en Algérie pays une réelle gestion intégrée de l'eau dans ces différents usages domestique, agricole et industriel. Dans ce cadre, il est prévu notamment la réalisation de 19 nouveaux barrages et la surélévation de 4 autres pour atteindre une capacité de mobilisation de 9.1 milliards de m3, la réalisation de 6 grands projets de transferts et de 14 adductions d'eau potable, la réhabilitation des réseaux d'AEP pour 22 villes et des réseaux d'assainissement pour 12 villes, l'augmentation du nombre d'usines de dessalement d'eau de mer pour atteindre la capacité de 900 millions de m3 /an en 2025, la construction de 44 stations d'épuration et 42 lagunes pour atteindre une capacité de traitement des eaux usées de l'ordre de 1.2 milliard m3/an et les travaux d'aménagement hydro-agricole sur 60000 ha et réalisation de 174 retenues collinaires.

5. Conclusion

L'Algérie a consenti des efforts considérables en matière d'investissement pour la réalisation d'un nombre important d'ouvrages de mobilisation, de transferts, de traitement et d'adduction des ressources en eau en vue de répondre à la demande sans cesse croissante des divers usages de l'eau. L'importance des investissements consentis notamment durant la décennie écoulée, à travers les différents programmes, s'est traduite par des résultats satisfaisants en matière de satisfaction des

besoins en eau tant en quantité qu'en qualité. Enfin, l'expérience de la l'Algérie dans le domaine de l'eau montre que la gestion intégrée de l'eau suppose des actions coordonnées convenablement à la politique d'aménagement du territoire. Ainsi, les ressources hydrauliques seraient mises en valeur et préservées. Pour cela, des moyens scientifiques, techniques et financiers sont indispensables. De plus, la contribution citoyenne demeure un élément moteur dans cette gestion.

Références bibliographiques

[1] PNR, Projet Nationaux de Recherche : ressources en eau, 2010.

[2] AQUASTAT, le Rapport sur l'eau, Système d'information de la FAO sur l'eau et l'agriculture, 2005.

[3] N Haddad, A Rahla, Investir en Algérie, Ministère Délégué à la Participation et à la Promotion de l'Investissement. MDPPI, Octobre 2004.

[4] R.I, Rapport d'investissement de l'Algérie, Conférence de haut niveau sur: L'eau pour l'agriculture et l'énergie en Afrique: les défis du changement climatique Sirte, libye, 15-17 décembre 2008.

[5] APS, Ressources en eau en Algérie, Ministère des Ressources en Eau, El moudjahid, Fevrier 2010.

[6] A Ferrah , S Yahiaoui, Perspectives pour la gestion de l'eau. Rapport du groupe de recherche et d'études pour le développement de l'agriculture algérienne, 2004.

[7] MATE, Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, Elaboration de la stratégie et du plan d'action national des changements climatiques, Communication nationale initiale, Mars 2001.

[8] T Fredj, K Silhadi, Le secteur de l'eau en Algérie, Rapport de la Mission Économique, Version n°3 du 2 janvier, 2005.

[9] APS-L'Expression, Les tarifs de l'eau n'augmenteront pas, Articles d'actualité de L'Expression, Juin 2009.

Caractérisation hydrogéochimique et isotopique du chaînon calcaire situé au SE de la ville de Chefchaouen (Rif Septentrional, Maroc).

R, El Bardai[1], K, Targuisti[1], J-M, Stitou[1] et R, Hlila [1]

[1] Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaâdi, B.P. 2121 Mhannech II, Tétouan, Maroc.
e_rabie76@yahoo.fr

Abstract. This article relates to the study of physicochemical and isotopic characteristics of the four karstic springs (Ras El Maa, Ahramen, Aayaden and Chrafate) located in the southern calcareous link, precisely in the SE of the town of Chefchaouen. A hydrogeochemical survey on a hydrological cycle was then necessary. This survey enables to know water quality, however the main aim of these measurements is to identify the functioning characteristics of the aquifer. The interpretation of the physicochemical parameters showed thus stability throughout the year and an average mineralization with a calcic bicarbonate and low magnesian facies for the spring of Ras El Maa. This stability is probably due to the low speeds of flow of the karstic systems and the slightly developed underground drainage network.

Moreover, the isotopic study has estimated the recharge areas that exceed 1000 meters. Tritium levels in the four sources ranged from 3.45 to 4.2 UT. This is probably due to the contribution of former water little renewed because of its location in a poorly drained area.

Keywords: Limestone Ridge, Rif internal, hydrogeochemistry, isotopy

1. Introduction

Dans la province de Chefchaouen, les eaux souterraines provenant des aquifères carbonatés constituent le plus important réservoir d'eau du Rif Septentrional, assurant par conséquent l'approvisionnement en eau et l'irrigation pour toute la population montagneuse. Cette étude porte sur la caractérisation hydrogéochimique des eaux de la dorsale calcaire située au sud est de la ville de Chefchaouen en analysant uniquement les principales sources de Ras El Maa, Ahramen et Aayaden dans le village de Maggo et Chrafate. Cette caractérisation permet de déterminer aussi bien la composition et les propriétés chimiques des eaux souterraines, que les contrôles géologiques et hydrogéologiques de la composition minérale de l'eau souterraine des systèmes karstiques.

La région étudiée fait partie du domaine interne du Rif septentrionale. Elle appartient plus précisément à la dorsale calcaire externe située d'une part entre Oued laou et l'accident Jebha-Chrafate et d'autre part à l'ouest de l'accident de Jbel Lakraâ (figure 1).

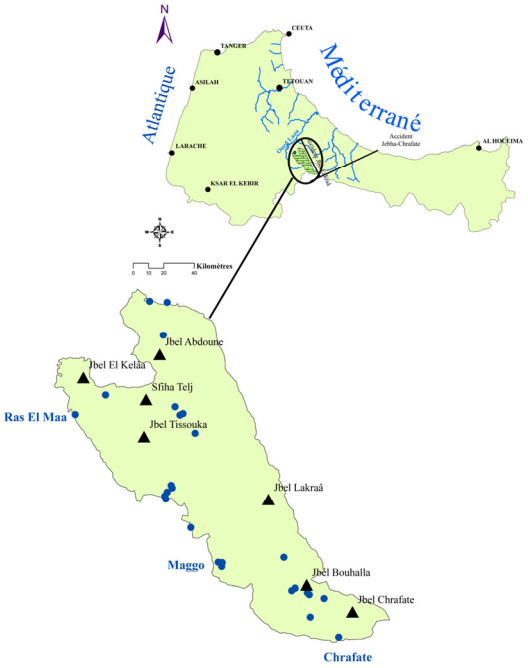


Fig. 1 : Carte de situation géographique de la zone d'étude

D'un point de vue géologique, les différentes unités se trouvent empilées en nappes et en écailles à contacts anormaux et à pendage vers l'Ouest (Nold et al., 1981). Elles sont séparées du massif de Jbel Tazout par l'accident du Jbel Lakraâ, orienté NW-SE. Le secteur d'étude présente à l'affleurement des terrains d'âge allant du Trias supérieur au Quaternaire (figure 2).

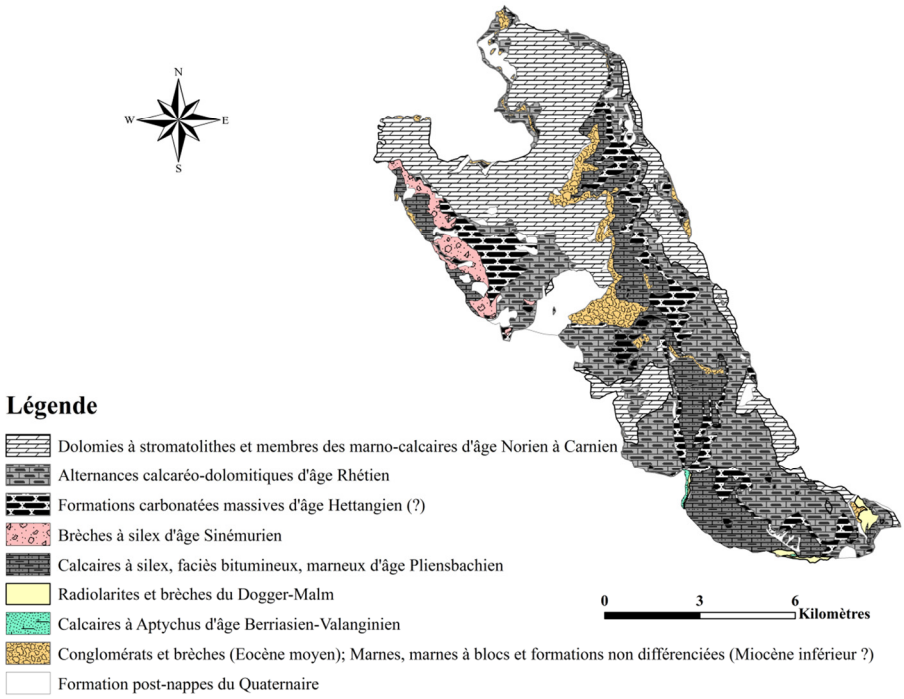


Fig.2 : la carte géologique de l'aire d'étude (modifiée par El Bardai R. 2010)

2. Matériels et méthodes

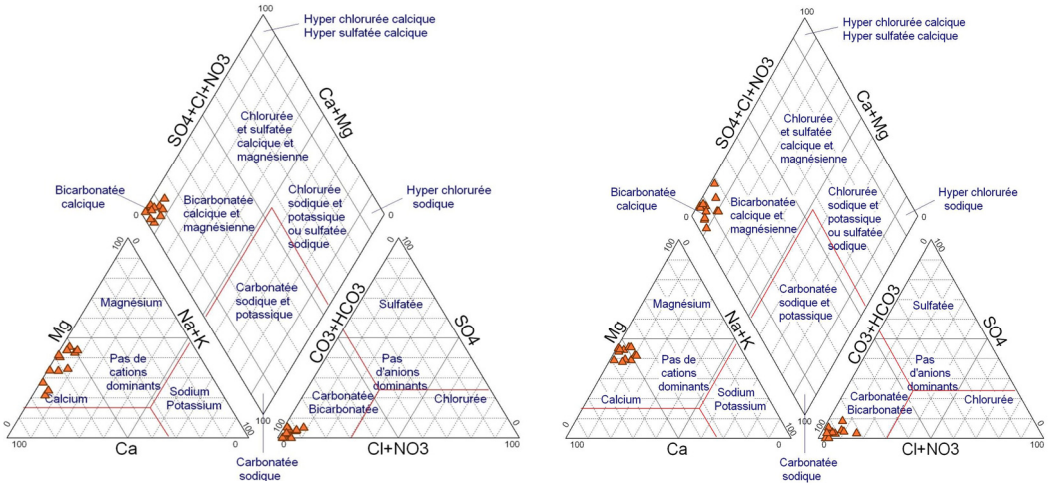
Dans notre cas et vu les difficultés de réaliser des échantillonnages hebdomadaires voir même bimensuels, un échantillon a été prélevé chaque mois sur les quatre sources principales du chaînon calcaire pendant une année (novembre 2004-octobre 2005). Les conductivités électriques ont été mesurées sur le terrain en même temps que le pH et la température à cause de leur modification durant le stockage et le transport. Les autres paramètres ont été analysés au laboratoire des analyses physico-chimiques de l'Agence du Bassin Hydraulique de Lukkous (ABHL).

Les analyses des isotopes ont été réalisées au laboratoire du Centre National de l'énergie, des Sciences et des Techniques Nucléaires (CNESTEN) à Rabat dans le cadre du marché N° 06/2002/DRHL. . La détermination des isotopes stables (^{18}O, ^{2}H, ^{13}C) a été effectuée selon les protocoles classiques de Coleman et al., (1982), McCrea (1950), Epstein et Mayeda (1953) et Fontes (1971). Les résultats sont exprimés en notation conventionnel δ en ‰ par rapport au SMOW (Standard Mean Ocean Water) pour l'oxygène-18 et le deutérium et par rapport au PDB (Rostre de Bélemnite de la formation Pee Dee en caroline du Nord, USA) pour le carbone-13. Les erreurs analytiques sont de 0,1 ‰ pour ^{18}O et ^{13}C et 1‰ pour ^{2}H. Le tritium a été mesuré par scintillation liquide après enrichissement électrolytique et les résultats sont exprimés en unité tritium (U.T) et dont l'erreur est de 0,4 U.T.

Le carbone-14 a été mesuré par spectrométrie de masse par accélérateur de particules. Les résultats sont exprimés en pourcentages par rapport au carbone moderne (pcm).

3. Résultats et discussions

L'interprétation des paramètres physico-chimiques des quatre sources étudiées a permis de les distinguer du point de vue de leur fonctionnement global. En effet, les eaux de ces sources sont caractérisées par une stabilité de leurs paramètres physico-chimiques tout au long de l'année. La minéralisation est généralement moyenne avec un faciès bicarbonaté calcique, peu magnésien pour la source de Ras El Maa.



Sources de Chrafate et Maggo

Source de Ras El Maa

Fig.3 : Diagramme de Piper

Cette minéralisation ne varie pas énormément pendant et après chaque événement pluvial pour tous les échantillons d'eau souterraine (figures 4,5 et 6), le fait qui pourrait être expliqué par des vitesses

d'écoulement très faibles, dues probablement à l'inertie des systèmes karstiques et au faible développement du réseau de drainage souterrain.

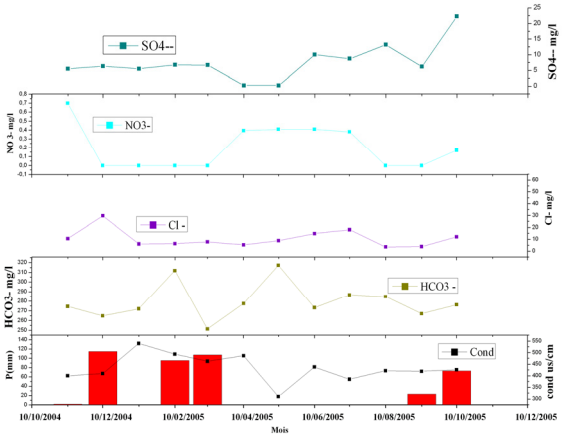


Fig.4 : Evolution temporelle des concentrations des anions des eaux de la source de Ras El Maa (2004-2005).

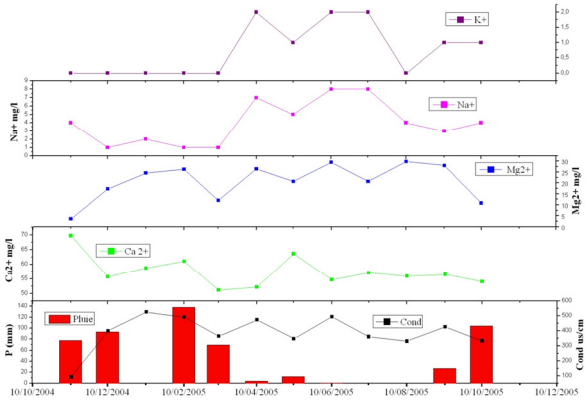


Fig. 5 : Evolution temporelle des concentrations des cations de la source d'Aayaden pendant l'année 2004-2005.

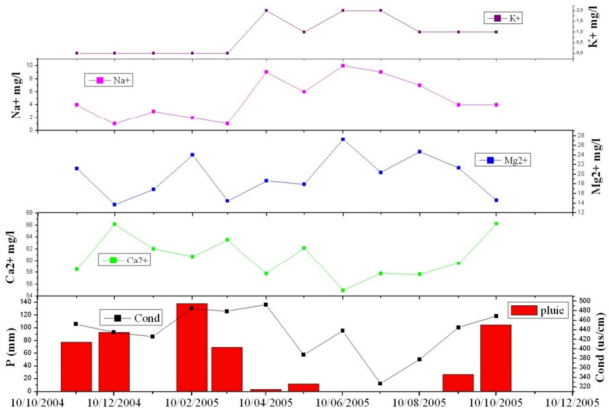


Fig. 6 : Evolution temporelle des concentrations des cations de la source de Chrafate pendant l'année 2004-2005.

Dans la figure 7, la pression partielle en CO2 ou pCO2 varie généralement entre 0,002 et 0,035 pour les quatre sources. Ces valeurs significativement basses peuvent être attribuées à une production faible

de CO2 ou bien à un effet d'aération surtout dans les objets morphologiques ayant un contact direct avec l'atmosphère tels que les gouffres, les avens et les grottes.

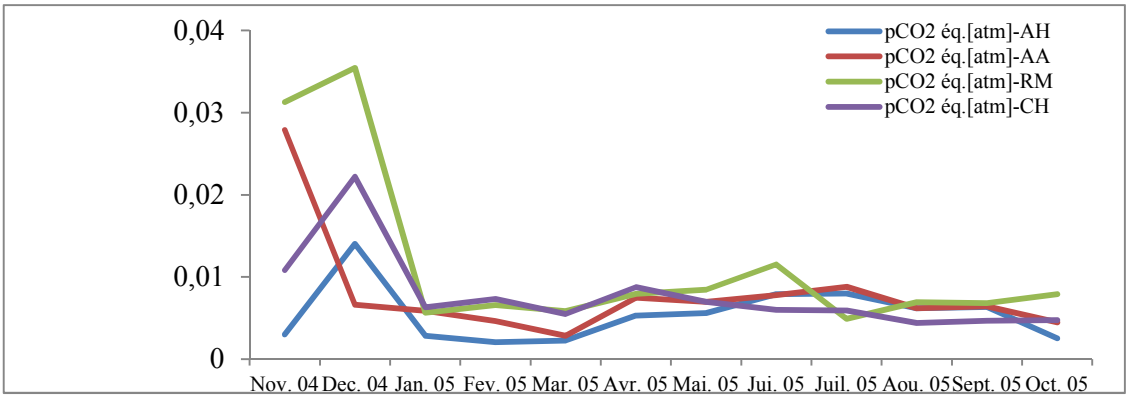
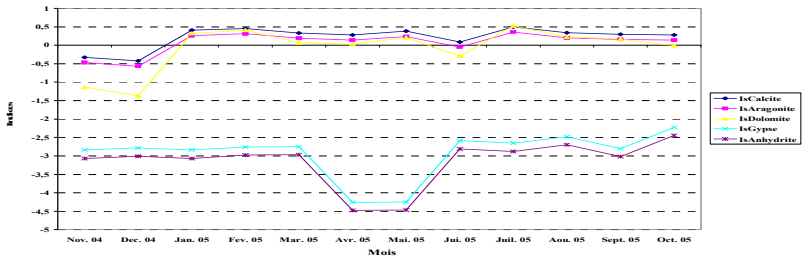


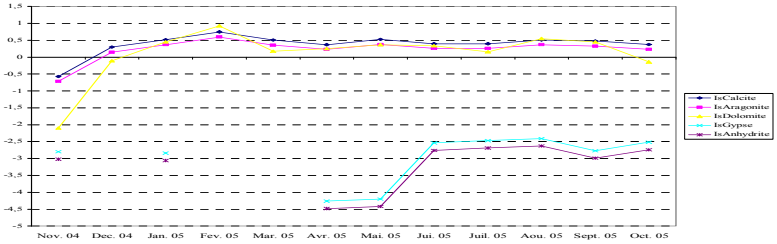
Fig.7 : Variation de la pression partielle en CO2 pour les quatre sources.

L'indice de saturation exprime le degré d'équilibre chimique entre l'eau et le minéral dans la matrice de l'aquifère et peut être considéré comme une mesure de processus de dissolution et/ou précipitation concernant l'interaction l'eau-roche (Drever, J.F. 1997).

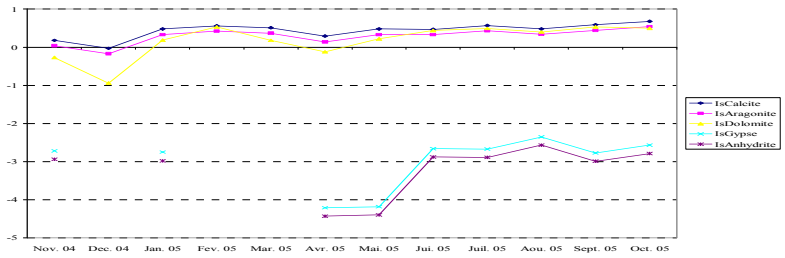
L'utilisation du Logiciel Diagramme, élaboré par Roland SIMLER du laboratoire d'Hydrogéologie d'Avignon, version 2, 2003, nous a permis de calculer les indices de saturation de la calcite, de l'aragonite, de la dolomite, du gypse et de l'anhydrite. Les indices de saturation vis-à-vis de la calcite, l'aragonite et la dolomite sont généralement entre -0,5 et + 0,5 pendant toute l'année hydrologique (figure 8) ce qui traduit un état d'équilibre entre les eaux souterraines et les roches avoisinantes et par conséquent la possibilité que ces eaux séjournent longtemps dans l'aquifère. Quant aux indices de saturation vis-à-vis le gypse et l'anhydrite, les valeurs sont significativement négatives ce qui dû à l'absence des roches évaporitiques dans la zone d'étude.



Ras El Maa



Maggo



Chrafate

Fig. 8 : Evolution de la saturation des echantillons d'eau souterraine analysés

Finalement, Vu le manque des mesures sur des échantillons d'eau de pluie sur une longue durée, ainsi l'absence des bassins d'alimentation bien définis en raison de la complexité de terrain, le groupe de travail a choisi un gradient altitudinal de δ = -0,27 ‰ par 100 mètres qui est proche de celui établi par Marcé (1975) et ont pu estimer les altitudes moyennes des aires de recharge des différentes sources (tableau 1).

	Altitude d'émergence en m	**Altitude de recharge estimée en m**
Ras El Maa	700	1162
Ahramen	1000	1242
Aayaden	1100	1223
Chrafate	960	1200

Tab. 1 : Détermination des altitudes des aires de recharge des sources de la zone d'étude

Les teneurs en isotopes stables des eaux souterraines en question montrent de faibles variations (tableau 2). Elles varient de -7,02 ‰ vs SMOW à -7,23 pour 18O et de -34,41 ‰ vs SMOW à -39,07 ‰ vs SMOW pour 2H. L'appauvrissement de ces teneurs pourrait être dû à leurs altitudes très élevées. Selon le même rapport, l'excès en deutérium compris entre 18,77 et 21,75 ‰ montrent une influence remarquable de la vapeur condensante de la méditerranée orientale (Nir, 1967).

	$\delta^{18}O$ ‰	**$\delta\ ^{2}H$ ‰**	**d ‰**	**^{3}H (UT)**	**$\delta^{13}C$ ‰**	**$\delta^{14}C$ ‰**
Ras El Maa	-7,02	-34,41	21,75	3,69	-12,47	86
Ahramen	-7,23	-39,07	18,77	3,45		
Aayaden	-7,18	-37,65	19,79	3,71		
Chrafate	-7,12	-35,32	21,64	4,2	-11,68	79

Tab. 2 : Caractéristiques isotopiques des sources de la zone d'étude.

Les sources de la zone d'étude ont été choisies aussi pour le dosage de Tritium. Ce dernier a une période ou demi-vie de l'ordre de 12.43 ± 0.05 ans (Unterweger et al ; 1980) et sa teneur s'exprime généralement en unité tritium ou UT. Cependant, il est difficile d'estimer l'âge de l'eau si on ne dispose pas d'une série d'analyses permettant de dégager une évolution des teneurs sur de nombreuses années. Les teneurs en cet isotope pour les quatre sources varient de 3.45 UT pour la source de Ras El Maa à 4.2 UT pour la source de Chrafate. Selon Olive et al ; 1996, les teneurs ayant des valeurs entre 2 et 10 UT offrent la possibilité de l'existence d'un mélange entre une eau ancienne (< 2 UT) et une eau de surface actuelle (environ 15 UT).

4. Conclusion

Les eaux souterraines du chaînon calcaire méridional ont montré une stabilité physico-chimique au long de l'année (2004-2005) et une minéralisation moyenne avec un faciès bicarbonaté calcique, peu magnésien pour la source de Ras El Maa. Cette stabilité est probablement due aux faibles vitesses d'écoulement des systèmes karstiques et à un réseau de drainage souterrain peu développé. Les indices de saturation traduisent un état d'équilibre entre les eaux souterraines et les roches avoisinantes surtout pour les minéraux de calcite, l'aragonite et la dolomite. Par contre les indices de saturation vis-à-vis le gypse et l'anhydrite sont négatifs en témoignant l'absence des roches évaporitiques dans les formations carbonatées en question. Les données isotopiques indiquent la présence d'un mélange entre des eaux anciennes résidant dans les aquifères et des eaux récentes introduites par les zones de recharge qui dépassent selon la même étude les 1000 mètres d'altitude.

Références

Coleman M.L., Shepherd T.J., Durham J.J., Rouse J.E. & Moore G.R., (1982) – Reduction of water with Zinc for hydrogen isotope analysis. Anal. Chem. 54 : 993-995 p.

Drever J. F., (1997) -The geochemistry of natural waters". 3rd ed. New York – Prentice- Hall INC, 379 p.

El Bardai R. (2010) – Etude du fonctionnement hydrogéologique et de la vulnérabilité à la contamination des aquifères karstiques situés au sud est de la ville de Chefchaouen (Rif septentrional, Maroc). Thèse de doctorat en sciences. Disc. Géologie. Spéc. Hydrogéologie. Univ. Abdelmalek Essaâdi. Tétouan. 228 p.

Epstein S. & Mayeda T. (1953) – Variation of 18O content of water from natural sources. Geochim. Cosmochim. Acta, 4 : 213-224 p.

Fontes J.C. (1971) – Un ensemble destiné à la mesure de l'activité du radiocarbone naturel par scintillation liquide. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., 13 (1): 67-86 p.

Marcé A. (1975) - Contribution des méthodes isotopiques à l'étude des modalités d'alimentation et de renouvellement des réserves souterraines du Maroc. Rap. 75SGN447 LAB, BRGM, Orléans, 131 p.

McCrea J.M. (1950) - On the isotope chemistry of carbonates and a palaeotemperature scale. Jour. Chem. Physics, vol. 18 ; 849-857 p.

Nir A. (1967) - Development of isotope methods applied to groundwater hydrology. Proc. Symp. Isotope Techniques in the Hydrologic Cycle, 1965, Illinois. American Geophysical Union, Monogr. Ser., 11, 109 p.

Nold M., Uttinger J. & Wildi W., (1981) - Géologie de la Dorsale calcaire entre Tétouan et Assifane (Rif interne, Maroc). Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc, 300, 233 p.

Olive, Ph., Hubert, P., Ravailleau, S., (1996). Estimation pratique de l'âge des eaux souterraines en Europe par le tritium. Review of Scientific Eau 4 : 523–533 p.

Unterweger M. P., Coursey B.M., Schima F.J., & Mann W. B., (1980) - Preparation and calibration of the 1978 National Bureau of Standards tritiated-water standards. Int. J. Appl. Radiat. Isotopes, 31, 611-614 p.

Développement du protocole d'extraction des métaux lourds présents dans les sédiments portuaires de la baie de Cadix

Fatiha Oudghiri, Mª Rocío Rodríguez Barroso

Departamento Tecnologías del Medio Ambiente, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Edificio CASEM, Polígono Río San Pedro, s/n, España, fatiha.oudghiri@uca.es

Abstract. This work compares the efficacy of three chelating agents (EDTA 0.1 M and 0.3 M in acid medium, sodium citrate and ascorbic acid) and their ability to extract heavy metals from sediments collected in the harbour of Cadiz contaminated by the industrial and nautical activities. The experimental results show that sodium citrate is the most performant for extraction of the majority of heavy metals present in sediments.

Keywords: sediment; chelating agents; heavy metals; extraction

1. Introduction

L'environnement marin subit des pollutions anthropiques importantes, avec des apports de contaminants inorganiques et organiques en grande quantité. Au fil du temps, ces polluants, libres, peuvent subir des transformations et le plus souvent se fixer sur les fines particules argileuses et sableuses qui constituent les sédiments marins. Il s'agit donc d'un véritable problème pour la faune et la flore des environnements aquatiques marins.

Parmi les contaminants principaux se trouvant dans cette matrice, les métaux lourds. Ils sont principalement retrouvés dans les sédiments portuaires où les plus fortes contaminations correspondent à des zones industriels et à des zones de stationnement nautique.

Aujourd'hui, pour garantir un bon état écologique des matrices environnementales, Il faut s'intéresser à la source de la contamination en privilégiant des technologies propres avec des matériaux moins nocifs pour l'environnement.

L'enlèvement des métaux dans les sites contaminés s'avère donc essentiel sur le plan environnemental et il est impératif d'orienter la recherche vers la mise au point de procédés économiquement viables et compétitifs par rapport aux technologies conventionnelles de traitement des sédiments.

2. Extraction des métaux lourds

L'extraction chimique permet la mobilisation des polluants métalliques par une solution appropriée et son transfert à l'extérieur du milieu pollué.
Au cours de notre étude, nous avons utilisé trois complexants : l'EDTA (sel disodique Na2EDTA), le citrate de sodium (C6H5Na3O7) et l'acide ascorbique (C6H8O6).

- EDTA

L'EDTA est un complexant hexadentate (groupements amine et carboxyle), largement utilisé pour des applications industrielles, comme agent complexant dans les lessives. Il est utilisé pour éviter la formation de précipités, pour extraire un métal d'un système et pour garder un métal disponible en solution. [1]

L'EDTA (sel disodique Na2-EDTA) a été testé avec succès par S.McCready et al., [2] et Di Palma [3] pour extraire le Cu, Pb, et le Zn présents dans les sédiments portuaires. Ce complexant a également été testé pour éliminer le plomb présent dans les sols contaminés. [4]

- Citrate de sodium

Le citrate de sodium a été testé par Vachon et al. pour l'élimination de l'aluminium dans des déchets industriels. [5]
- Acide ascorbique

L'acide ascorbique a été utilisé pour extraire les métaux associés à la fraction organique ([6], [7]).

3. Matériels et Méthodes

3.1. Échantillonnage du Sédiment

Les échantillons de sédiments ont été prélevés à l'aide d'une benne de type Van Veen, en acier inoxydable, dans une zone située sur la baie de Cadix (Figure 1) près d'une zone où l'on fabrique des navires.

Au laboratoire, les échantillons de sédiments ont été mis à l'étuve (50°C) jusqu'à séchage complet. Ils ont été ensuite broyés à 63 µm et homogénéisés dans un mortier en agate manuel. Les métaux présents dans les échantillons sont généralement analysés au laboratoire par (ICP-MS) ou (ICP-AES).
Pour valider ces résultats deux sédiments de référence ont été analysés MESS-3 et PACS-2.

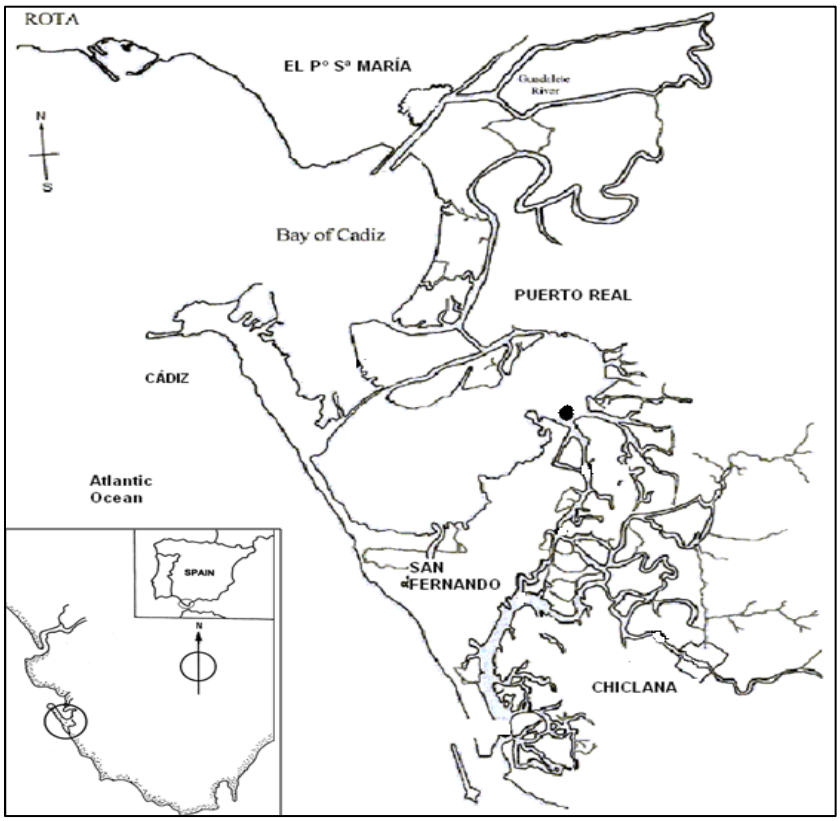


Figure 1. Situation géographique et localisation de station de prélèvements dans la baie de Cadix

3.2. Protocole d'extraction des métaux lourds

L'extraction a été effectuée en mélangeant 50 mL de solution complexante avec 5 g de sédiment, sous agitation magnétique continu pendant 24 h à température ambiante. Le mélange est ensuite centrifugé à 4000 tr/mn pendant 15 min et filtré sur un filtre de porosité 0,45 µm et dosé par ICP.

4. Résultats

Les résultats d'extraction obtenus sont représentés sur les figures 2 et 3 sous forme de pourcentages qui correspondent à la quantité des métaux extraits par rapport à la quantité initiale des métaux présents dans les sédiments.

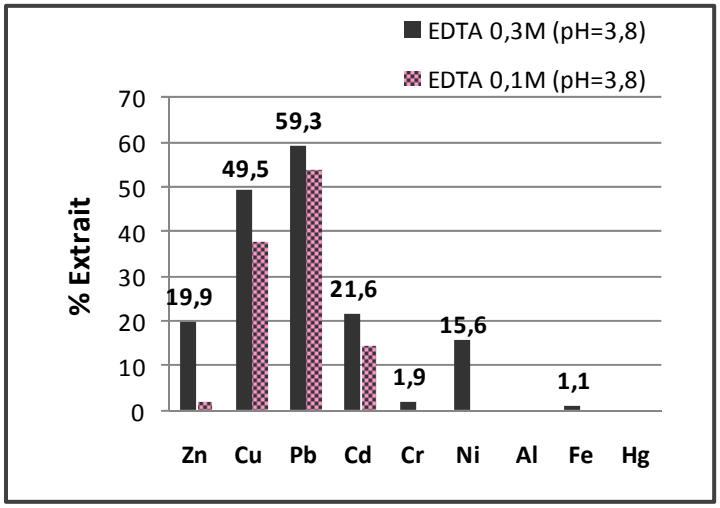


Figure 2. Extraction des métaux lourds par EDTA en milieu acide

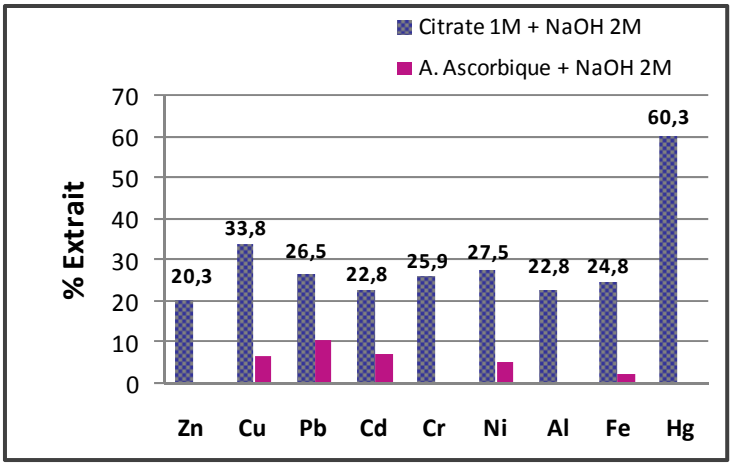


Figure 3. Extraction des métaux lourds par le citrate et l'acide ascorbique en milieu basique

Les résultats des extractions (Figure 2, 3) pour les éléments Al, Fe, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd, Hg montrent que :

l'EDTA 0,3 M est plus efficace que l'EDTA 0.1 M pour extraire respectivement le Pb, Cu, Cd, Zn et le Ni (de l'élément le moins extrait au plus extrait) : Ni < Zn < Cd< Cu <Pb.

A partir de 1M, le citrate de sodium devient plus efficace que l'EDTA pour extraire le Zn, Cd, Cr, Ni, Al, Fe et le Hg.

Le citrate de sodium peut être considéré comme étant le complexant le plus efficace pour extraire le mercure.

Le chrome, fer, zinc et le cadmium ont des comportements différents en fonction des complexants appliqués :
- Les extractions du chrome et du fer est faible en présence d'EDTA ou d'acide ascorbique. En effet, en présence de citrate de sodium, la quantité de chrome et du fer extrait est modérée.
- Les extractions du zinc et du cadmium sont faites de manière progressive à la fois avec l'EDTA et le citrate de sodium, ce dernier étant néanmoins plus efficace

Pour une extractabilité maximale de ces métaux, il est nécessaire d'effectuer au moins deux applications de complexant.

5. Conclusion

Le présent projet de recherche a été entrepris pour travailler sur les possibilités de décontamination des sédiments portuaires dans la baie de Cadix, contaminés en métaux lourds, par un procédé d'extraction chimique.
Nous avons étudié, en utilisant des modes opératoires adaptés, l'extraction d'Al, Fe, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd et Hg en présence de complexants. L'étude a portée sur un échantillon de sédiment contaminé par une activité industrielle et nautique. Nous avons comparé l'efficacité de trois complexants facilement biodégradables, l'EDTA, le citrate de sodium, et l'acide ascorbique.
Nos premières investigations ont porté sur l'EDTA 0,1M et 0,3M en milieu acide. Les résultats montrent que l'EDTA 0,3M est le plus performant pour extraire le Pb, Cu, Cd, Zn et le Ni. Ensuite il a été question du citrate de sodium et de l'acide ascorbique en milieu basique. Les résultats montrent que le rendement d'élimination de Zn, Cd, Cr, Ni, Al, Fe et de Hg est optimum dans le cas du citrate de sodium.
En tenant compte de tous ces résultats, il nous semble judicieux de choisir le citrate de sodium qui possède un pouvoir complexant très important et qui est biodégradable pour extraire la majorité des métaux lourds, notamment le mercure.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence Espagnole de Coopération Internationale (AECI) qui a financé ce projet de recherche dans le cadre du programme interuniversitaire de coopération entre l'Espagne et le Maroc, projet "Técnicas termogravimétricas como herramienta de control de contaminación de sedimentos: (1) aplicación a Planes de Vigilancia Ambiental, (2) técnica de control en descontaminación de sedimentos" nº A/023497/09.

Références

[1] Bucheli-Witschel M., Egli T., (2001). Environmental fate and microbial degradation of aminopolycarboxylic acids, *FEMS Microbiology Reviews* 25, 69-106.

[2] S. MCCREADY, G. F. BIRCH AND S. E. TAYLOR (2003). "Extraction of heavy metals in Sydney Harbour sediments using 1M HCl and 0.05M EDTA and implications for sediment-quality guidelines." *Australian Journal of Earth Sciences* 50, 249–255

[3] L. Di Palma , R. Mecozzi. (2007). "Heavy metals mobilization from harbour sediments using EDTA and citric acid as chelating agents." Journal of Hazardous Materials 147, 768–775

[4] ELLIOT H.A. et BROWN G.A. (1989) Comparative evaluation of NTA and EDTA for extractive decontamination of Pb-polluted soils. *Water Air Soil Pollut***.** 45**,** 361-369

[5] VACHON P., TYAGI R.D., AUCLAIR J.C. et WILKINSON K.J. (1994). Chemical and biological leaching of aluminum from red mud. *Environ. Sci. Technol.* 28 (1), 26-30

[6] MINGOT J.I., OBRADOR A., ALVAREZ J.M. et RICO M.I. (1995) Acid extraction and sequential fractionation of heavy metals in water treatment sludges. *Environ. Technol.* 16, 869-876

[7] MEHROTRA A., MEHROTRA I. et TANDON S.N. (1991). Effect of metal ion concentration on its distribution in sludges. *Environ. Technol.* **12,** 663-667

Estimates calculation for establishment of a wastewater treatment plant by 2020 in the Oued Laou town (northern Morocco)

A.M. El khamlichi[1], L. Herhar[1], A. El mahboul[2] and A. Merzouki[1,3]

[1]University Abdelamlek Essaadi, Faculty of Sciences, Tétouan, Morocco
[2] Hydraulic bassin Agency of Oum Er Rabii, Beni Mellal, Morocco
[3] University of Granada, Granada, Spain

Abstract. Facing environmental deprivation, Morocco has initiated major reforms on environmental policies and institutions. The main bases of these reforms are to strengthen institutional coordination and response, to develop environmental regulations and to introduce economic instruments to internalize the social costs of pollution and encourage implementation of pollution control projects. This study aims to determinate in accordance with specific standard for estimating the needs of the town of Oued Laou to achieve a wastewater treatment plant in 2020.

Keywords: Wastewater treatment plant; Dimensioning; Calculation of estimates; Oued Laou.

1. Introduction.

The town of Oued Laou is located on the Mediterranean coast of northern Morocco. The population was growing from 7565 inhabitants in 1994 to 8383 inhabitants in 2004, with a growth rate of about 1.02 below the average in Morocco which is about 1.38. The aestival period usually showed an increase in town population, which interrelated with a higher rate of liquid waste. Since the town has no sewage treatment plant, it has been considered under the program of National sanitation Plan (PNA). Within this plan, rehabilitation and strengthening of the sewerage and roads will minimize environmental problems such as groundwater contamination and coastal beach.

In this study, the methodology was basically relying on future projections according to official data of 2004 census. The results are presented according the value of various factors.

2. Materials and methods

2.1. Geographical and physical characteristics of the study area

2.1.1. Climate

Climatology of Oued Laou area has a comparable diversity to that of relief. But in general, the existence of two different seasons namely rainy and humid months of October through April and

another distinctly dry months of May to the month of September, allows to classify Oued Laou city among regions with Mediterranean climate. [1].

2.1.2. Rainfall

The geographical position and the relief of Oued Laou are home to abundant rainfall. The latter are characterized by high variability both in time and in space. Thus, they exhibit a decreasing gradient from north to south and from west to east. Also, with the exception of the Mediterranean side, where the accumulated rainfall is relatively low, Ranging from west to east (600 mm and 460 mm), the remaining area stores in general a combination annual rainfall exceeding 650 mm on average [2].

2.1.3. Temperature

Temperatures are influenced on one side by the proximity of the Mediterranean Sea and Atlantic Ocean, contributing to the mitigation of them on much of the area, and on the other side by the altitude and winds including ‘’Chergui’’ (easterly winds). The monthly mean temperature is the highest of the month July and August (30.6 ° C) while the lowest temperature is in January and February (6.9 ° C).

2.1.4. Wind

The maritime influence on climate is felt by the winds of the region. Indeed, two winds predominate during the year: one of Atlantic origin ‘’Gharbi’’ and one of Mediterranean origin ‘’Chergui’’. The westerly winds of oceanic origin, dominate the month of November to March and lead to precipitation, while the northwest wind, predominant in spring and summer, result in the spring, at a time cloudy and hazy, and promote, with the month of May, dry weather and fairly stable.

2.2. National Liquid Sanitation Program (PNA)

The first political priority of the Moroccan government, related to the environmental concern, is reflected in the formulation of the National Strategy for Environmental Protection. Based on the recommendations of the national schematic plan of liquid sanitation (SDNAL), the National Strategy for Environmental Protection has been broken down into a National Liquid Sanitation Program (PNA, 2006) was confirmed in 2006 [3],[4].

The (PNA), which comes into action plans and has been updated by a strategic review in 2008, is also an important foundation for this program. Its objective is to achieve by 2015 a total rate of connection to the sewage network of over 80% in urban areas, and reduce pollution by 60%.

2.3. Choice of treatment system

2.3.1. Treatment system envisaged

Typically, a purification process applicable to normal sewage treatment should consist of three phases, the first phase is for the preliminary treatment by screening, grit removal and degreasing, the second one related to biological treatment, and the last phase of the sludge treatment, if necessary [4],[5],[6]. Anyway, we can not accept a method of treatment if he achieves a removal efficiency of 90% of the pollution load around. Table 1 provides a comparison of the treatment capacity and economic factors between the different branches of treatment system.

Anyway, the establishment of a comprehensive treatment system, where several conventional methods and refining are combined in the plant wastewater treatment can be as high levels of investment cost and quality increases the operation depending on the complexity of the installation [7],[8]. All treatment options mentioned above have been subjected to extensive analysis to eliminate unsuitable methods and compare the alternatives based on field data and the vulnerability of water resources, and

Moreover, taking into account the modest financial and technical resources available for maintenance of equipment, technology choice for wastewater treatment at the center should be based on:

- The search for reliability
- Flexibility to changes in load and speed.
- The simplicity and low cost (investment and operation).

Method	Activated sludge	Trickling	Lagoons extra ventilation	Natural lagoons
BOD5 Treatment capacity	+ +	+ +	+ + +	+ + +
TSS	+ + +	+ + +	+ +	+ +
Fecal coliform	+ +	+	+ + +	+ + +
Helminths	+	+	+ +	+ + +
Virus	+	+	+ + +	+ + +
Economic Factors	+	+	+ +	+ + +
Cost operation	+	+ +	+	+ + +
Demand for space	+ + +	+ + +	+ +	+
Cost maintenance	+	+ +	+	+ + +
Cost energy	+	+ +	+	+ + +
Cost of sludge disposal	+ +	+ +	+ +	+ +

+ + + : good ++ medium + low

Table 1. Technical and economic characteristics of different treatment processes.

The simplicity of the natural lagoon and its low power consumption in a way undeniable argue for its adoption as an alternative treatment in Oued Laou city because of the existence of fertile ground for the implementation of a wastewater treatment plant Type lagoon, which is located at the north-east of the center of Oued Laou city [9],[10]. On the one hand and more benefits listed below:

- Very simple process.
- Minimum energy consumption is limited to pre-treatment.
- Very good pathogen reduction.
- Operating constraints limiting interviews to large irregular.

Ultimately according to the foregoing taking into account the diagnostic work we adopted the lagoon system as a purification system for the city of Oued Laou.

2.3.2. Stabilization ponds

The processes for purifying waste water by lagoon have a high flow. They are used for the treatment of sewage:

Anaerobic Lagoons: where degradation of materials is performed by facultative anaerobes without oxygen (a surface crust prevents the penetration of light in water and thus the photosynthesis of algae).

Facultative lagoons: where the killing activity of organic materials is accomplished by aerobic bacteria in the upper part of the lagoon, due to the presence of dissolved oxygen produced in turn by the algae, while in the and deeper sediments, where oxygen levels are low, the process is performed by facultative anaerobes.

Surface impoundment vented: where aerobic conditions are throughout the depth of the lagoon. This system can make optimal depth of tissue cells of algae and achieve significant returns. The load of organic matter must be very low.

The operation and maintenance of these facilities are fairly simple, decent, but they have limitations. [6],[9].

2.4. Calculation and estimation

2.4.1. Demography

The table 2 below gives the population and the number of households in Oued Laou city, according to the 1994 census and the 2004 survey, and the rate of observed increase. The current population of the centre is 8383 inhabitants 1722 households with a growth rate of 1% observed between 1994 and 2004.

Locality	Pop_1994	Family_1994	Pop_2004	Family_2004	rate (%) 94-04
Oued Laou	7 565	1 317	8 383	1 722	1

Table 2. Evolution of increased population.

2.4.2. Pre-dimensioning of the treatment process

The current situation of sanitation at the centre do not allow for analysis of wastewater characterization. However, one can argue that it is domestic wastewater, because the center does not have industrial activities.

Thus, the evaluation of pollutant loads can be made on the basis of unit ratios recommended by the national sanitation plan liquid (SDNAL) [3],[8],[9] for localities with populations less than 20,000 inhabitants these ratios are cited in table 3:

Parameters	Ratios
BDO5	25 g/hab/j
COD	60 g/hab/j
TSS	38 g/hab/j
CF	3 107 CF/100 ml

Table 3. Ratios recommended by the national sanitation plan liquid (SDNAL).

It should be noted that discharges of slaughterhouse waste will be cleaned with household Oued Laou city by providing the upstream grid for the trapping of solids to avoid clogging. [11],[12].

3. Results and discussion

3.1. Connection rate projected

Taking into Account the willingness of the Oued Laou municipality to improve the town Sanitation, It is expected that the connection rate after completion of The First Phase will be 80% in 2010, and 100% by the end of project in 2020. Provided connection rats are recorded in figure 1 and table 4.

Year	2012	2015	2018	2020
Endowments (l/hab/j)				
Population connected	40	40	40	40
Population not connected	10	10	10	10
Consumption m3/j				
Population connected	328,21	338,15	363,10	381,63
Population not connected	4,32	4,45	0,00	0,00
Total Consumption m3/j	332,53	342,60	363,10	381,63

Table. 4. Current and future consumption of water in the locality of Oued Laou city.

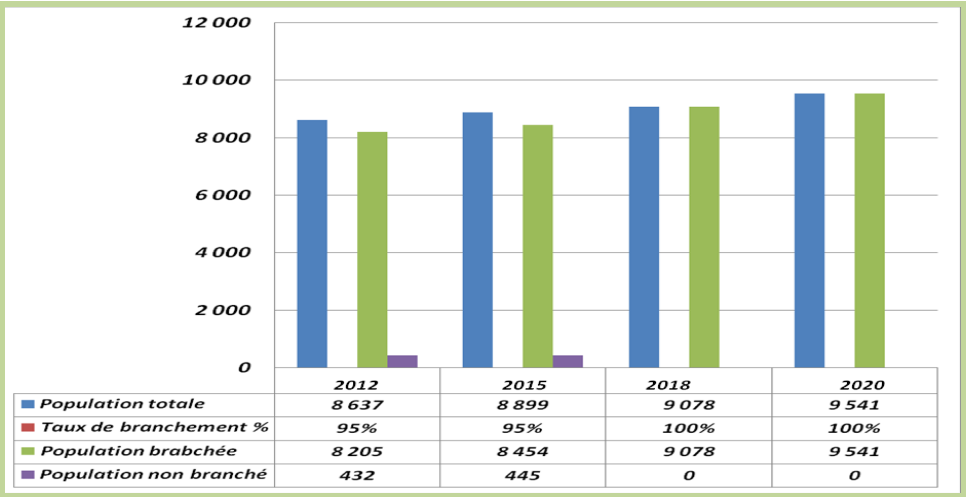


Fig. 1. Connection rates are provided for about 2020.

3.2. Production wastewater

T he overall production of wastewater for the different horizons of the study is evaluated on the basis of data and ratios Schematic national director of sanitation liquid [3],[8],[9],(see the table 5).

Year	2012	2015	2018	2020
Population				
Total Population (hab)	8 637	8 899	9 078	9 541
Connection rates to sewerage (%)	95%	95%	100%	100%
Population connected (hab)	8 205	8 454	9 078	9 541
Consumption of water				
Consumption (m3/j)	328,21	338,15	363,10	381,63
Rate of return to sewer (%)	80%	80%	80%	80%
Wastewater production				
Medium flow (m3/j)	262,57	270,52	290,48	305,30
Medium flow (l/s)	3,04	3,13	3,36	3,53
Parasitic water (l/s)	0,30	0,31	0,34	0,35
Coefficient peak	3	3	3	3
Peak flow (l/s)	9,42	9,71	10,42	10,95

Table 5. Projected wastewater at the centre of Oued laou city in 2020.

3.3. Pollution loads of wastewater

The characterization of current situation of Oued Laou city sanitation concern only analysis of domestic wastewater because the town does not have heavy industrial activity.

Thus, the evaluation of pollutant loads can be made on the basis of unit ratios recommended by the national schematic plan of liquid sanitation (SDNAL) for localities with populations less than 20,000 inhabitants [3],[6],[12].These ratios are on the table 6 below:

Pollution loads per unit	Values	unit
BOD5	25,00	g/hab/j
COD	60,00	g/hab/j
TSS	38,00	g/hab/j
CF	3*10^7	CF/100 ml.

Table 6. Ratios recommended by (SDNAL).

3.4. Pollutant load and sizing of the wastewater treatment plant

The dimensioning of wastewater purification station is done for the year 2020. The data are as follow (table 7):

Year	2012	2015	2018	2020
General information				
Total Population (hab)	8 637	8 899	9 078	9 541
Connection rates to sewerage	95%	95%	100%	100%
Population connected (hab)	8205	8454	9078	9541
Wastewater production				
Average Volume (m3/j)	288,82	297,57	319,53	335,83
Pollution loads (kg/j)				
BOD 5	205,13	211,34	226,94	238,52
COD	492,31	507,23	544,66	572,44
TSS	311,80	321,24	344,95	362,54

Table 7. The rate of pollutant loads set in 2020.

From the results obtained shows that the liquid waste will increase with population growth. The amounts of BOD5, COD, TSS and should double by 2020 which will accelerate the degradation of water quality.

3.5. Objectives quality of treated water

Pursuant to the joint order of the Minister of Interior, the Minister for Planning, Water and Environment and the Minister of Industry, Trade and upgrade the Economy, n° 1607-06 du 29 joumada II 1427 (25 juillet 2006) laying down specific limit values of wastewaters appeared in the Official Bulletin n° 5448 in 17 Août 2006,[9] the specific limit values applicable to discharge of wastewater from urban areas are cited in table 8. For the reuse of treated wastewater in agriculture the standards norms of OMS [13] will be applied cited in table 9.

Parameters	Specific limits of wastewaters
BOD5 mg O2/1	120
COD mg O2/1	250
TSS mg/l	150

Table 8. Standard parameters recommended for wastewater reuse in irrigation in Morocco.

Parameters	Stress
PH	6,5-8,5
BOD5 (discharge into the river)	30 mg/l (direct discharge)
total coliform	1000/100ml

Table 9. Standard parameters recommended by OMS.

3.6. Norms and standards of purified water quality:

The reuse of wastewater aims to achieve the objectives which have the purpose of protecting the aquatic environment and improve water quality in terms of its main uses. Standards, criteria and quality objectives for reuse considered are: emission limit values for wastewater discharge, aims minimum environmental quality for surface water and bathing water quality.

The purification process will be considered to reuse treated wastewater in agriculture or reject them in oued Laou, when necessary ensuring that minimum quality objectives for surface water are met also given parameters in quality of bathing water will be observed during most of the time, allowing the contact use by people downstream of the outfall of the wastewater treatment plant [11],[12],[14].

4. *Conclusions*

This study provides insight on the situation of sanitation in the town of Oued Laou, in order to take appropriate solutions to improve future sanitation system. To achieve the cited goals several actions have been completed, we conducted field missions to identify different abnormalities of the network and perform a general diagnosis whose goal is to choose the treatment method and site of implantation of wastewater treatment plant. The main results of calculations performed in this study show that there is an exponential increase in the quantity of BOD5 in the year 2020 this will rise to various health and environmental risks with the absence of a wastewater treatment plant. We found the basis of these results and the MCA that the lagoon treatment system is suitable to circumvent the risk of pollution in Oued Laou.

References

[1] A.Benabid, Etudes phytoécologique, biogéographique et dynamique des associations et séries sylvatiques du Rif occidental (Maroc). Thèse Doct., Univ. Aix-arseille III.,1982.
[2] Rkiouak, ‘’Etude hydrogéologique et simulation mathématique de l’aquifère de l’Oued Laou’’. Thèse de 3ème cycle, Univ. Abdelmalek Essaâdi, Faculté des sciences, Tétouan, 1996.
[3] Schéma Directeur National d’assainissement liquide (sous-Missions II.8-Juillet 1998) (SDNAL – S/M8).
[4] Schéma Directeur National d’assainissement liquide (SDNAL), Juillet 1998.
[5] W.W.Eckenfelder, R.F.,Weston,’’Biological treatment of sewage and industrial Wastes’’, vol. 1,1956.
[6] N. P. Cheremisinoff, ‘’Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies’’, Edts. Butterworth-Heinemann , serie : Pollution Engineering, 2002.
[7] C.Fayoux, J.C.Cornier, A.Lesouef, D.Villesot, ‘’Les nouvelles contraintes d’exploitation des usines d’épuration’’,Techniques Sciences et Méthodes, n°7-8, 1994.
[8] M.Duncan; P.Howard, ‘’Design Manual for Waste Stabilization Ponds in Mediterranean Countries’’, Lagoon Technology International Ltd.; 1998.
[9] Bulletin officiel du Royaume du Maroc, ‘’ Arrêté n° 1607-06 du 29 joumada II 1427 (25 juillet 2006) portant fixation des valeurs limites spécifiques de rejet domestique’’, Août 2006.
[10] Bulletin officiel du Royaume du Maroc, ‘’Loi n° 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement’’, 2003.

[11] A.E. Stricker, ‘’Application de la modélisation à l’étude du traitement de l’azote par boues activées en aération prolongée : comparaison des performances en temps sec et en temps de pluie’’, Thèse de doctorat; Université Strasbourg I – Louis Pasteur, 2000.

[12] Office National de L'eau Potable (ONEP) et la Banque Mondiale, ‘’Projet d'eau potable et d'assainissement en Milieu rural : Guide Pour L'assainissement Liquide Des Douars Marocains’’, Vers. Finale, 5 oct. 2005.

[13] Organisation Mondial de la Santé (OMS), ‘’Guide de l’assainissement individuel’’, ISBN 92-4-254443 4,1995.

[14] A.M. El khamlichi, A. El ouahrani , M. Kdiri, A. El mahboul & A.Merzouki,’’A Model of (P-GIS) for Hydraulic Protection Dams in Northern Morocco’’, International Journal of Advanced Information Technology , ISSN : 2231 - 1548 [Online] ; 2231 - 1920 [Print], Vol. 1, No. 1, pp. 1-16, February 2011.

Apports du rapport Sr^{++}/Ca^{++}, pour la détermination des origines de la salinite des eaux: cas de la région de l'extreme est algérien (El Aounet, Tebessa et El Ma El Abiod).

Djabri L[(1)], Hani A[(1)], A. Pulido Bosch[(2)], Rouabhia A[(3)], Fehdi Ch[(3)], Baali F[(3)], S. Bouhsina[(4)], J. Mudry[(5)]

[(1)]Université Badji Mokhtar Annaba. Département de Géologie. djabri_larbi@yahoo.fr (Corresponding auteur)
haniazzedine@yahoo.fr
[(2)]Université d'Alméria Espagne.Email: apulido@ual.es
[(3)]Université de Tébessa. baali_fr2000@yahoo.fr, fehdi@yahoo.fr, rouabhia22@yahoo.fr
[(4)]Université du Littoral, Dunkerque. France. bouhsina@univ-littoral.fr
[(5)]Université de France comté, Besançon, France. jmudry@univ-fcomte.fr

Résumé. La région étudiée se caractérise par des affleurements importants de formations gypsifères pouvant conduire à la salinité excessive des eaux. Pour mettre en évidence le probable lien entre la salinité et les formations à l'affleurement, nous avons étudié le rapport Sr^{2+}/ Ca^{2+}, ainsi que la Lixiviation. Le rapport Sr^{2+}/ Ca^{2+}, montre des valeurs dépassant le seuil de 3 ‰, ce qui laisse supposer une influence directe des formations gypsifères sur la salinité des eaux. Cette influence est corroborée par la Lixiviation réalisée selon le protocole suivant:
-prélèvement des sédiments de sol appartenant aux trois zones ciblées, ces derniers ont été déposés dans de l'eau déminéralisée, nous avons effectué cinq lixiviations, se répartissant comme suit : 24 heures, 48 heures, 7 jours, 30 jours et 90 jours. Les analyses effectuées sur les Lixiviats montrent après 24h et 90 jours de réaction, un accroissement de la valeur du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+}, particulièrement pour les points, El Aouinet 4, El Ma Labiod plaine Cimenterie, Djebissa 9, dont les valeurs ne dépassaient pas la valeur seuil de 3 ‰, au début, acquièrent des valeurs dépassant 3 ‰, mettant ainsi en évidence, l'apport en sel par dissolution des formations évaporitiques24heures, 48 heures, 30 jours et 3 mois.
L'analyse spatio temporelle effectuée montre que les régions de Djebissa et d'El Ma Labiod, indiquent une relation de cause à effet entre la minéralisation et la dissolution, par contre à la région d'El Aouinet montre une évolution variable et limitée dans le temps. Ces tendances sont générées par les positions des formations évaporitiques vis-à-vis des nappes d'eau. A Tébessa et El Ma Labiod, le Trias se situe en amont et donc influence la composition chimique des eaux. A El Aouinet par contre, l'affleurement du Trias, est éparse, expliquant ainsi les valeurs obtenues.

Keywords: Salinité, Trias, formations gypsifères.

1. Introduction:

Le terme « évaporites » désigne un ensemble de dépôts riches en chlorures et sulfates alcalins (avec les ions K^+, Na^+, Mg^{2+}, Cl- et SO_4^{2-}). Ces formations évaporitiques (gypses, halites) en contact avec l'eau, entraînent un accroissement de la salinité des eaux souterraines limitant leur utilisation. Pour expliquer cet accroissement de la salinité, les chercheurs se sont s'intéressés au problème afin

d'identifier les causes systémiques. Plusieurs travaux scientifiques ont été menés dans le bassin Méditerranéen. Au Maroc les travaux menés par [1] ont mis en évidence l'influence des faciès évaporitiques sur la salinité de la nappe côtière d'Agadir; par contre [2], a utilisé les traceurs hydro-géochimiques dans le bassin du Sahel Doukkala puis a déterminé les mécanismes d'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines. En Tunisie, [3], a traité de la salinisation des nappes côtières du Sahel de Sfax en utilisant l'outil hydrochimique pour déterminer les origines de la salinisation des eaux de la nappe étudiée . En Algérie, [4], dans ses travaux a mis en évidence une salinité des eaux de la nappe alluviale de Tébessa dont les origines seraient probablement géologiques. Toujours en Algérie, les travaux réalisés [5] et [6], respectivement à El Ma labiod et El Aouinet, montrent une salinité des eaux générés par les formations évaporitiques affleurantes.

2. Région d'étude: la zone étudiée (fig.1) est située dans l'Extrême Est de l'Algérie, à environ 260 km au Sud de Annaba sur la côte méditerranéenne. La région est limitée au Sud par la wilaya d'El Oued, à l'Ouest par celle de Constantine et à l'Est par la Tunisie.

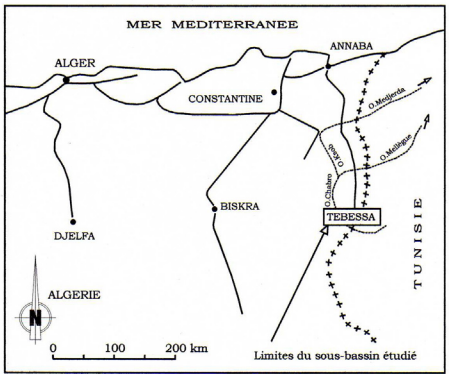


Fig.1 situation géographique de la zone étudiée.

2.1. Caractéristiques géologiques **:** caractérisée par l'affleurement de formations triasiques qui constituent les terrains les plus anciens de la région (Durozoy 1956 [7], (fig.2).

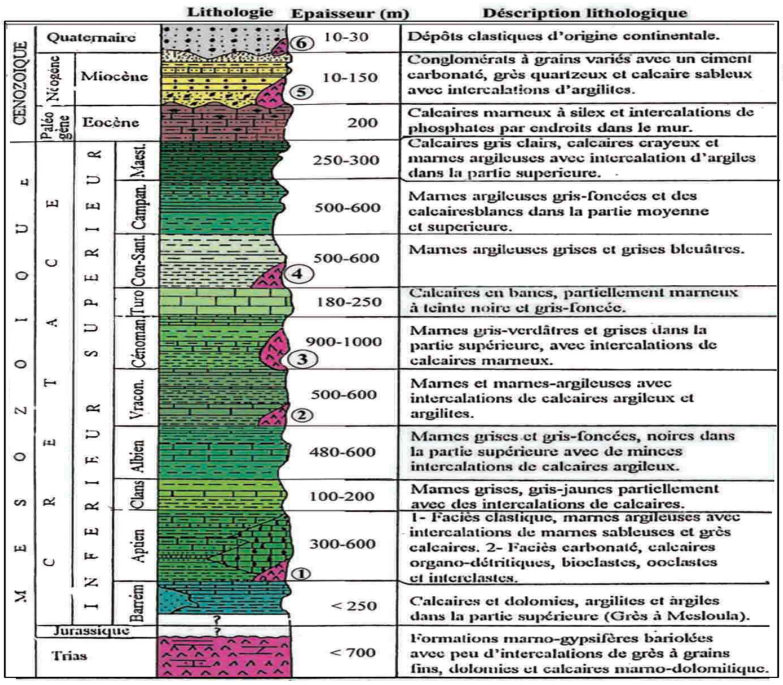


Fig.2 Colonne Stratigraphique des formations à l'affleurement.

En Algérie nord orientale et en Tunisie, les nombreux diapirs triasiques évaporitiques sont sans sel affleurant; toutefois la présence du sel est souvent confirmée en profondeur. Dans la région de Tébessa, le Trias affleure sous forme d'extrusions et occupe généralement le cœur des structures anticlinales. Les affleurements les plus importants sont ceux de Djebissa, Ouenza, Boukhadra, Mesloula, Boujaber, Hameimat nord, Hameimat sud et El Ma Labiod. A l'échelle de l'affleurement, le Trias forme un ensemble chaotique non structuré. Ceci laisse supposer que les nappes d'eau sont sujettes à une salinisation provoquée par ces formations. Le quaternaire affleurant au centre des plaines, est constitué de dépôts, ces derniers distribués dans les parties basses des reliefs et couvrent des surfaces importantes (plaines et vallées actuelles). Ce matériel est remanié et est transporté par l'action éolienne et hydrique. Le Quaternaire, d'origine continentale, est d'une puissance de 10 à 30 m.

3. Matériels et méthodes:

Pour déterminer l'origine de la salinité et son évolution dans l'espace, nous avons utilisé les outils suivants : la piézométrie, l'hydrochimie et la lixiviation. Les campagnes utilisées se rapportent aux secteurs géographiques suivants:

Tébessa: avec 73 échantillons analysés et deux campagnes de mesures piézométriques (Avril et Septembre 2002).

El Aouinet: avec 60 échantillons se rapportant à deux mois différents (Mars et octobre 2004).

El Ma Labiod : avec deux campagnes de mesure piézométrique portant chacune sur 50 puits nivelés. Les analyses chimiques se sont déroulées aux mêmes périodes (Février et Octobre 2004).

Paramètres déterminés : sont mesurés la conductivité électrique, pH, T(°C), Salinité, Ca 2+, Mg2+, Na+, K+, Cl -, HCO3-, et SO4-2

4. Résultats:

Carte piézométrique la nappe de Tébessa, Juillet 2006: L'observation de la carte (fig.3) montre une surface piézométrique irrégulière. L'écoulement est de direction sud-est nord-ouest.

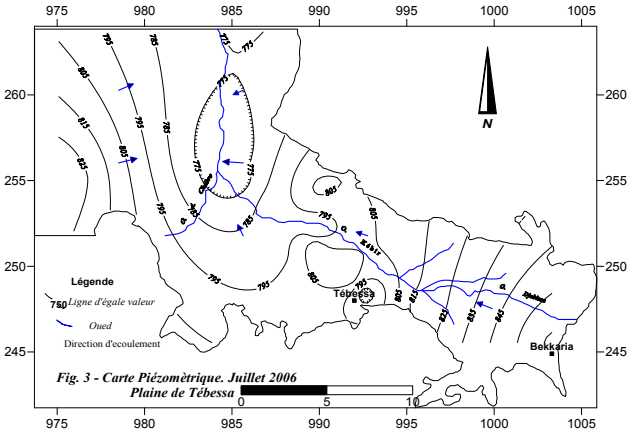


Fig.3 Carte piézométrique la nappe de Tébessa, juillet 2002

-Eléments chimiques intervenant dans l'acquisition de la salinité :

-Indications sur les faciès chimiques:

-Région de Tébessa (tab.1): On note une modification au niveau de la répartition des faciès entre les deux périodes considérées. On passe d'une domination du faciès bicarbonaté calcique vers un faciès sulfaté sodique.

Cette situation serait due au fait qu'au cours du mois d'avril, il y a alimentation par les bordures calcaires, par contre au mois d'octobre lors des premières pluies, les formations gypsifères contaminent les eaux leur conférant un faciès sulfaté.

Tab.1 : Variations des faciès chimiques entre les deux périodes considérées. Tébessa.

Période \Faciès chimique	Bicarbonaté calcique	bicarbonaté magnésien	bicarbonaté sodique	Sulfaté calcique	sulfaté magnésien	Sulfaté Sodique	Chloruré sodique	Chloruré calcique
Avril 2002	32%	9 %	9 %	14 %	9 %	9%	13%	
Septembre 2002	13 %			35%	10%	16%	13%	12%

- Région d'El Ma Labiod (tab.2): on remarque une variation des faciès chimiques, particulièrement le sulfaté calcique et le bicarbonaté calcique. Il y a un effet piston entre les deux. Ceci met en évidence l'influence directe de la géologie locale.

Tab.2 : Variations des faciès chimiques entre les deux périodes considérées. El Ma Labiod

Période\Faciès chimique	Bicarbonaté calcique	Sulfaté calcique	sulfaté magnésien	Sulfaté Sodique	Chloruré sodique	Chloruré calcique
Février 2004	13 %	5 %	9 %	9%	10%	60 %
Octobre 2005	5 %	25 %	10%	16	10%	45 %

- Région d'El Aouinet (tab.3): Cette région se caractérise par une variation entre les trois faciès dominants. Au niveau de cette région le faciès bicarbonaté est absent, indiquant une influence insignifiante, des formations calcaires sur la qualité des eaux.

Tab.3: Variations des faciès chimiques entre les deux périodes considérées. El Aouinet.

Période \Faciès chimique	Sulfaté calcique	Chloruré sodique	Chloruré calcique
Mars 2004	30 %	50%	20 %
Octobre 2005	40 %	50%	10 %

5. Discussions:

Les variations du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+}, et son impact sur la salinité des eaux:

-Région de Tébessa:

L'examen des valeurs obtenues montre que le rapport Sr/Ca varie entre 0,8‰ et 28‰. Nous avons pu dégager trois groupes:

a- Groupe A (Sr/Ca < 2‰): avec 3 échantillons, soit 9,4%.

b- Groupe B (2‰ < Sr/Ca < 3‰): avec 4 échantillons, soit 12,5 %.

c- Groupe C (Sr/Ca > 3‰): avec 25 échantillons, soit 78,1%

On note que 78,1 % des échantillons présentent un rapport $Sr^{2+}/Ca^{2+} > 3‰$.

L'histogramme réalisé (fig.4), confirme cette tendance et met en évidence l'influence des formations évaporitiques sur la qualité des eaux souterraines.

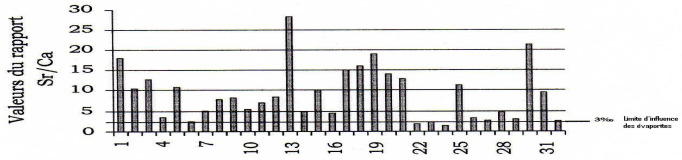


Fig.4 Variations du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+}, plaine de Tébessa.

La carte (Fig. 5), montre que les plus faibles valeurs du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+} inférieures à 3‰, caractérisent les eaux en provenance des bordures Nord et Sud. Au centre de la plaine, on retrouve les rapports les plus élevés, mettant en évidence une salinité des eaux, particulièrement riches en sulfates issus du gypse.

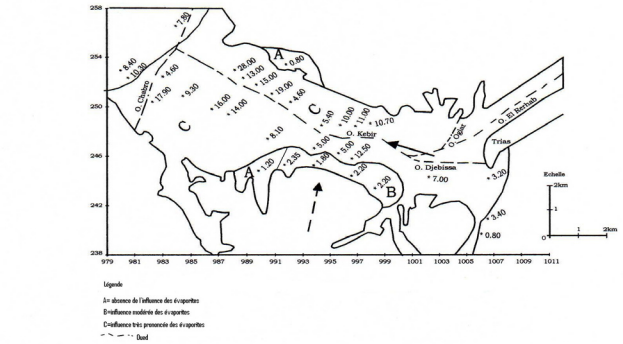


Fig.5 : Carte de répartition des rapports Sr^{2+}/Ca^{2+}

-Impact des formations gypsifères de Djebel Djebissa sur la salinité des eaux:
Au niveau du djebel Djebissa, affleure le Trias gypsifère, la cartographie piézométrique, a montré que l'écoulement, se fait de ce djebel vers la plaine, ce qui engendre une contamination des eaux par le Trias. L'étude réalisée sur deux puits témoins, confirme cette relation (fig.6).

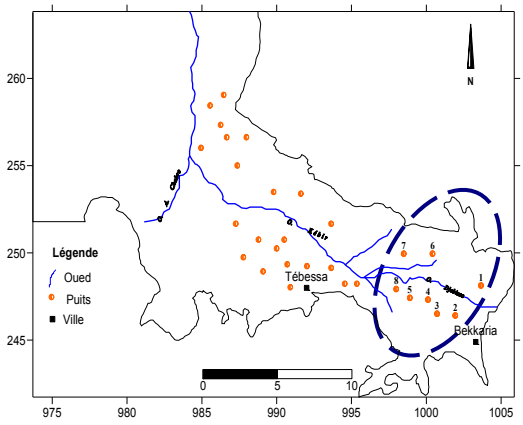


Fig.6 Position des puits analysés par rapport au Djebel Djebissa (2006).

Evolution du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+}: les graphes (fig.7 &7'), montrant les variations du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+} des puits 1 et 8, indiquent des valeurs très élevées, supérieures à 3‰, impliquant une influence franche des formations évaporitiques, ce qui laisse supposer que le djebel Djebissa (diapir), influence directement la salinité des eaux.

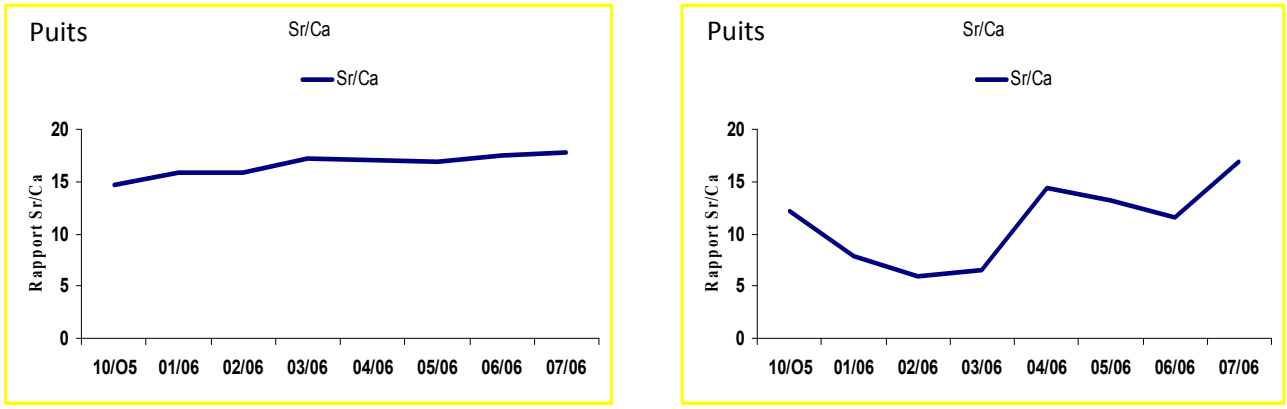


Fig.7 & 7' : Variations du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+} au niveau des puits extrêmes (P1 & P8).

-Région d'El Ma Labiod: les valeurs des rapports Sr^{2+}/Ca^{2+}, oscillent entre 0.7 et 4.04 ‰ au cours de la première période et entre 1.5 et 5.83‰ au cours de la seconde période. Cette variation indique que la salinité des eaux reste tributaire de plusieurs facteurs, dont les formations évaporitiques.
Région d'El Aouinet**:** la région, se caractérise par l'affleurement des formations triasiques, de manière hétérogène. Les résultats obtenus, présentent un rapport dont la valeur reste souvent supérieure à l'unité mais dépassant rarement la valeur seuil de 3 ‰, ce qui laisse supposer une faible influence des formations évaporitiques. Ceci nous permet de dire que la salinité serait également due à l'influence de l'halite, expliquant ainsi la domination du faciès chloruré sodique.

- Mise en évidence d'un apport de sels minéraux par dissolution des évaporite**s:**
-Confirmation par la lixiviation
La chimie du strontium est similaire à celle du calcium. Le strontium est un élément assez commun remplaçant le calcium ou le potassium dans les minéraux des roches ignées. Le carbonate (strontianite, $SrCO_3$) et le sulfate (célestite, $SrSO_4$) sont communs dans les sédiments. La célestite accompagne généralement les formations évaporitiques et se dissout selon la relation suivante:

$$SrSO_4 \longleftrightarrow Sr^{2+} + SO_4^{2-} \quad \log Ks = -6.36.$$

Dans un aquifère superficiel, les concentrations du strontium sont principalement gouvernées par la réaction des minéraux carbonatés et sulfatés. La concentration du strontium dans l'eau des aquifères étudiés varie entre 0.38 et 9.60 mg/l.

-Protocole réalisé:
Nous avons prélevé des sédiments de sol appartenant aux trois zones ciblées, ces derniers ont été déposés dans de l'eau déminéralisée, nous avons effectué cinq lixiviations. Les analyses ont été réalisées à Besançon.

-Variations spatio-temporelle des rapports Sr^{2+}/Ca^{2+}**:** les variations des rapports au niveau de trois zones de prélèvements permettent de constater l'influence de la dissolution des roches sédimentaires au niveau de chaque site.

-Djebel Djebissa**:** trois échantillons de sol ont été prélevés. Nous prenons, en considération l'échantillon Djebissa 4, car le plus proche de la plaine. L'observation du graphe (fig. 8), montre une

tendance à l'accroissement de la valeur du rapport à partir du 7 eme jour de dépôt dans l'eau. Ceci démontre, que la dissolution est continue et par conséquent, il y a sous saturation vis-à-vis du gypse pendant 3 mois.

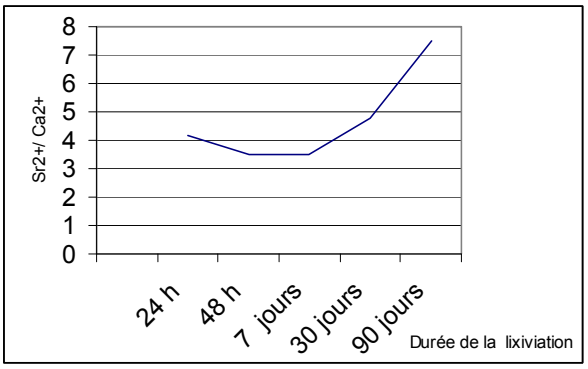


Fig.8 : variation du rapport Sr^{2+}/Ca^{2+}, dans les Lixiviats de Djebissa

6. Conclusion:

Les résultats des analyses des eaux de lixiviation, montrent que les trois zones étudiées ne réagissent de la même manière. A ce titre les régions de Djebissa et d'El Ma Labiod, montrent une relation de cause à effet entre la minéralisation et la dissolution, par contre à la région d'El Aouinet montre une évolution variable et limitée dans le temps. Ces tendances sont générées par les positions des formations évaporitiques vis-à-vis des nappes d'eau. En effet à Tébessa et El Ma Labiod, le Trias se situe en amont et donc influence la composition chimique des eaux. A El Aouinet par contre, l'affleurement du Trias, se fait de manière éparse, expliquant ainsi les valeurs obtenues. Les résultats obtenus par la lixiviation, sont confirmés par le traitement thermodynamique réalisé

References:

1. Hsissou Y. & al. (1995) : Caractérisation des eaux de l'aquifère turonien du bassin du Tadla (Maroc) par le rapport des concentrations molaires Sr^{2+}/Ca^{2+}. Journal of Hydrology 183. pp 445-451.
2. Abderrahim El Achheb, Jacky Mania & Jacques Mudry (2003) : Mécanismes d'acquisition de la minéralisation des eaux souterraines dans le bassin Sahel Doukkala (Maroc Occidental), approche par les traceurs hydrogéochimiques. Tecnología de la intrusión de agua de mar en acquferos costeros: Paises Mediterraneos. ©IGME. Madrid 2003. ISBN. 84-7840-470-8.
3. Rouaida Trabelsi & all (2006): Salinisation des nappes côtières : cas de la nappe nord du Sahel de Sfax, Tunisie. S1631-0713(05)00021-0/FLA AID: 346 Vol.•••(•••) [DTD5] P.1 (1-10), CRAS2A:m3 v 1.35 Prn:24/02/2005; 14:53 cras2a346
4. Djabri L. (1987) : contribution à l'étude hydrogéologique de la nappe alluviale de la plaine d'effondrement de Tébessa. Essai de modélisation. Thèse de doc. Ing, de l'Université de Franche comté -Besançon, France, 180p.
5. Rouabhia A. (2006) : Vulnérabilité et risques de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables Miocènes de la plaine d'El Ma Labiod (N.E. Algérien). Thèse de Doctorat ès sciences. Université Badji Mokhtar Annaba, 160p.
6. Fehdi C. (2008) : Apport hydrochimique et isotopique dans la caractérisation des mécanismes d »acquisition de la salinité des eaux souterraines du complexe aquifère Morsott El Aouinet. Thèse de Doctorat ès sciences. Université Badji Mokhtar Annaba, 190p.
7. Durozoy D (1956): Carte géologique au 1/50 000de Tébessa.

Aménagement antiérosif traditionnel (Meskat): exploitation des eaux de ruissellement et amélioration des caractéristiques du sol

R, Majdoub[1], A, Ben Salem[1], S, Khlifi[2] and Y, M'Sadak[1]

[1] Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel. Université de Sousse. Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem, BP 47, 4042 Chott Meriem, Tunisie
rmajdoub@yahoo.com, salem.asma@yahoo.fr, msadak.youssef@yahoo.fr
[2] Département Aménagement et Environnement, Université de Jendouba. Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'Equipement Rural, Route du Kef km 5, 9070 Medjez el bab, Béja, Tunisie slaheddinekhlifi@yahoo.fr

Abstract. Several traditional water conservation practices were developed in Tunisia. Peasants have developed simple and easy techniques to cope with water scarcity, soil erosion and social demands. These techniques are considered to be efficient for erosion control and allow the development of sustainable cropping system. The *Meskat* system is one of the traditional erosion control practices, largely widespread in the eastern costal region, known as *Tunisian Sahel*. It's a long time established technique, largely expanded since the roman era. This system is designed to capture surface runoff from the surrounding hilly landscapes, for improving water availability in the cropped plot located in the downstream side. The aim of this study is to assess the impact of surface runoff use on soil and olive hydraulic characteristics. To achieve this goal, a striped experimental design has been identified in a private cropping farm located at Kroussia region, in Tunisian Sahel. This impact is assessed on the basis of the water relative contents in the soil, the soil permeability, the soluble salts, the relative water content in the leaves and the olives' yield. The results indicate that the surface runoff use as Meskat system improves the soil water content by 8% and the soil permeability. In addition, it contributes to decrease soluble salts. Thus, this system may create beneficial conditions to the development of olive trees. Indeed, the meskat system increases the relative water content of the olive tree leaves and the olives' yield.

Keywords: Traditional erosion control practice, Meskats' system, Water and soil conservation, Rainfull water exploitation.

1. Introduction

L'érosion des sols est un facteur limitant de la production agricole et la quasi totalité du Continent Africain en est affectée. En Tunisie, la situation géographique, les conditions climatiques, la nature du relief, la vulnérabilité des sols et les conditions socio-économiques ont participé activement à la fragilisation du milieu naturel. De plus, les conditions climatologiques ont activé le processus de dégradation des sols, ce qui a accéléré la chute de la fertilité, la perte des eaux de ruissellement et l'intensification du transport solide par l'érosion hydrique [1]. Pour lutter contre ce fléau, divers aménagements de conservation des

eaux et du sol peuvent être utilisés. Ces derniers sont hérités du savoir faire des différentes civilisations qui se sont succédées dans le pays [2]. La Tunisie est un pays très riche en techniques traditionnelles. En effet, sans ménager beaucoup d'effort, la population paysanne a développé des techniques simples, faciles à maîtriser et en symbiose parfaite avec le milieu naturel et le contexte social [3]. Ces techniques permettent de lutter efficacement contre l'érosion et d'assurer un développement agricole durable. Le système Meskat est une technique d'origine très lointaine qui a connu une grande extension au Sahel Tunisien à l'époque romaine. L'impact du système Meskat dans la région de Chott Mariem du Sahel Tunisien sur le transport solide [4]**,** son adaptation au climat, au sol et au relief du Sahel Tunisien [5], et son dimensionnement et la simulation de son fonctionnement [6] constituent les principaux travaux antérieurs sur ce système antiérosif largement répandu au Sahel tunisien. Le but de cette étude est d'évaluer l'impact de l'exploitation des eaux du ruissellement issues du système Meskat sur certaines caractéristiques du sol et de l'olivier.

2. Fonctionnement du système Meskat

Le système Meskat est un aménagement antiérosif traditionnel qui consiste à augmenter la quantité d'eau reçue par les cultures en exploitant les eaux pluviales grâce à l'utilisation comme impluvium la surface des collines, souvent encroûtées et à planter l'olivier dans les vallons et au bas des versants (Fig. 1). Face à l'insuffisance de la pluviométrie, ces aménagements ont rendu possible la collecte des eaux de ruissellement au profit des plantations d'olivier qui garnissent les pentes des collines littorales [5]. L'impluvium est aménagé au moyen de longues rigoles obliques par rapport à la pente, suivant un tracé tel que toute l'eau de ruissellement est conduite aux arbres. Ces rigoles aboutissent aux «Mankaas» ou casiers superposés, lieux de plantation des oliviers. Les casiers sont bordés par des buttes de terre «Tabias» pour empêcher l'eau de s'écouler (Fig. 1). Les pentes supérieures et les sommets pierreux «H'madas», jouant le rôle d'impluvium, sont généralement occupés par une flore spontanée d'herbacées parfois pâturées. Les pentes inférieures, sablonneuses et fertiles, sont aménagées en casiers superposés permettant l'intensification agricole, la lutte contre l'érosion et assurant un équilibre hydraulique indispensable à l'exploitation de la nappe phréatique localisée au milieu de la cuvette**.**

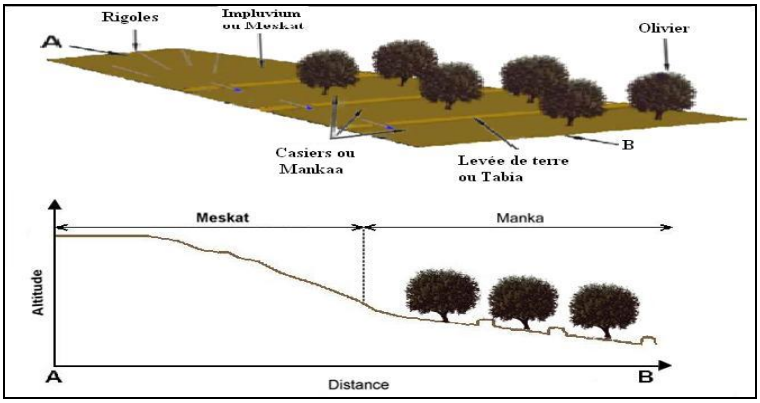


Fig. 1 Fonctionnement hydrologique du système Meskat

3. Matériel et Méthodes

3.1. Dispositif expérimental

La présente étude a été réalisée sur une oliveraie de la région de Kroussia du Sahel Tunisien (gouvernorat de Sousse) dont la moyenne annuelle des précipitations est comprise entre 320 et 450 mm et la moyenne mensuelle des températures varie de 14ºC (janvier) à 28ºC (août). L'oliveraie a été aménagée en système Meskat pour l'exploitation des eaux de ruissellement et la conservation des eaux et du sol. L'impluvium couvre une superficie de l'ordre de 20 ha et les Mankaas totalisent une trentaine de casiers et couvrent une superficie de l'ordre de 15 ha. L'eau de ruissellement est collectée à l'aval de l'impluvium qui prend la forme d'un entonnoir, puis elle est distribuée, à l'aide d'un partiteur, aux casiers. Le dispositif expérimental adopté pour cette étude est en bandes (*stripe*); il est formé de trois bandes B1, B2 et B3 (Blocs) constituées chacune de quatre casiers assimilés à des traitements. Ces derniers ont été choisis de façon à avoir les distances, séparant l'impluvium du milieu des casiers, de: 10 m (C1), 47 m (C2), 85 m (C3) et 126 m (C4). Les dimensions des casiers sont en moyenne de 20 m par 10 m. La variété rencontrée d'olivier dans le dispositif est « Chemlali » qui est la plus répandue dans la région de Kroussia.

3.2. Echantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé pendant le printemps 2010 à partir de 12 Mankaas. Deux profils de sol par casier ont été prélevés manuellement à l'aide d'une tarière jusqu'à la roche mère située à environ 2,5 m. Le choix des endroits des profils est aléatoire et il a été effectué entre les arbres loin de la dispersion des racines des oliviers. Douze carottes, en moyenne, par profil ont été prélevées et ayant chacune une hauteur d'environ 20 cm. Les échantillons de sol ont servi à la reconstitution des profils de sol au laboratoire. Ainsi, trois horizons ont été identifiés avec les profondeurs Pr1 (0-80 cm), Pr2 (80-150 cm) et Pr3 (150-250 cm). Un échantillon composite a été prélevé à partir de l'ensemble des couches de chaque horizon pour être broyé, tamisé et analysé.

3.3. Variables mesurées et analyse statistique

Les variables mesurées sont l'humidité du sol au niveau des interlignes (Hu), la conductivité hydraulique (K), les sels solubles (SS) et le contenu relatif en eau (RWC). Hu a été mesurée au cours de deux dates (18-05-2010 et 22-07-2010) à deux niveaux (0 - 20 et 20 - 40 cm) à l'aide d'une sonde TDR [7]. K a été déterminée par la méthode de Muntz [8]. La conductivité électrique, à partir de laquelle les SS ont été déterminés, a été mesurée dans une suspension sol-eau avec un rapport de 1/5 par la méthode de Richard [9]. RWC a été déterminé sur 10 feuilles prélevées de chaque arbre en utilisant la méthode élaborée par Karmer [10]. Les résultats obtenus ont été analysés en se basant sur l'analyse de la variance, en appliquant la procédure GLM (General Linear Model) à l'aide du logiciel SPSS (version 13). Pour les paramètres Hu et SS, issus de deux profils de sol, une moyenne arithmétique des valeurs de deux profils a été retenue de façon à avoir une valeur représentative par couche du sol et l'analyse statistique a été effectuée selon le casier et selon la profondeur. Pour K et RWC, l'analyse statistique a été effectuée selon le casier et selon la bande.

4. Résultats et discussion

4.1. Impact du Meskat sur l'humidité du sol

La figure 2 présente la variation de Hu au cours des deux dates considérées. Au niveau des interlignes, les valeurs de Hu varient de 7,6 à 14,7% (Fig. 2). Hu diminue selon le sens d'écoulement de l'eau, soit 13% au niveau de C1 et 7% au niveau de C4. D'une façon générale, Hu est plus élevée en profondeur; elle varie de 7,5 à 13,5%. Hu dépend de la date de mesure, variant de 15,5% pendant la première date

à 11% pendant la deuxième. La valeur de Hu est de 9%, 10% et 10,5% respectivement pour B1, B2 et B3.

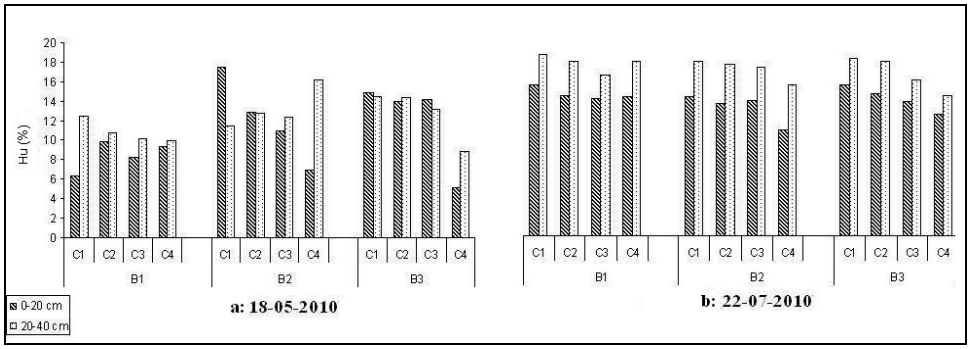


Fig.2 Variation de l'humidité du sol selon la localisation par rapport à l'impluvium et selon la profondeur

L'analyse de la variance par casier et par profondeur montre une différence significative pour Hu moyennes, alors que la variance par bande est non significative (Tableau 1). La variation de l'humidité par casier suit l'allure de la distribution des eaux de ruissellement collectées. La différence de variation entre les deux dates pourrait s'expliquer par l'effet des conditions climatiques principalement la température et les précipitations. La différence d'humidité relevée pour les trois bandes, au niveau des interlignes, pourrait être due à l'effet de la taille de fructification (aération et ombre).

Source de variation	Humidité du sol (Hu)	Sels solubles (SS)
Casier	3,17*	0,91 ns
Profondeur	7,48*	5,28***
CV (%)	14,1	16,4

***: F est hautement significatif (p<0,1%); *: F est significatif (p<5%); ns: F est non significatif (p>5%).

Tableau 1. Analyse de la variance de l'impact de l'exploitation des eaux de ruissellement sur Hu et SS

4.2. Impact du Meskat sur les sels solubles

Les sels solubles dans le sol n'indiquent pas une différence significative entre les casiers alors que leur différence selon la profondeur de prélèvement est hautement significative (Tableau 1). Une légère diminution est également observée selon la quantité d'eau reçue (Fig. 3). En effet, pour l'ensemble des casiers, la teneur en sels solubles la plus faible (0,09%), est observée au niveau du casier en amont (C1), alors que celle la plus élevée (0,12%) est observée au niveau du casier le plus éloigné (C4). La variation des SS selon la profondeur est de l'ordre de 17%. Ainsi, les volumes d'eau récupérés ont joué un rôle capital en éloignant les sels des zones racinaires tout en les lessivant en profondeur.

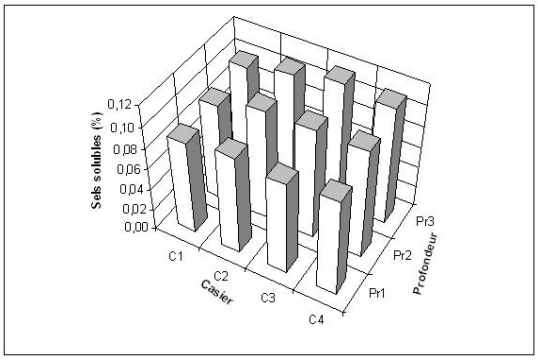


Fig.3 Variation des sels solubles selon la localisation par rapport à l'impluvium et selon la profondeur du sol

4.3. Impact du Meskat sur la conductivité hydraulique

La conductivité hydraulique varie de 2,9 à 11 cm/h (Fig. 4). La valeur maximale a été enregistrée pour la case 2 de la bande B1, cette valeur semble être élevée et peut être expliquée par les propriétés locales du sol (notamment la texture).

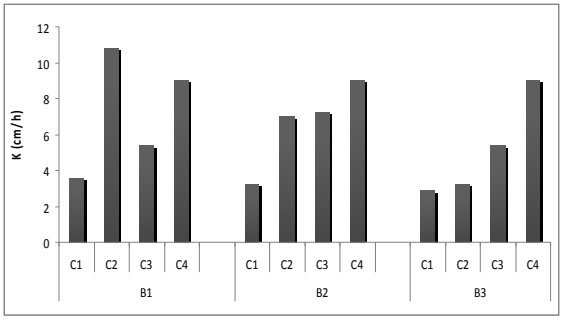


Fig. 4 Variation de la conductivité hydraulique selon la localisation par rapport à l'impluvium et selon les bandes

La figure 4 montre que contrairement à la bande B1, l'allure de variation de la conductivité hydraulique moyenne des bandes B2 et B3 présente une tendance d'augmentation selon le sens de l'écoulement de l'eau de ruissellement. Cette augmentation est de même ordre pour les deux bandes, soit 66%. L'analyse de la variance montre une déférence significative entre les casiers et non significative entre les bandes (Tableau 2).

Source de variation	Coefficient de perméabilité (K)	Contenu relatif en eau (RWC)
Casier	4,73*	16,51*
Bande	1.25ns	0,75ns
CV (%)	30,3	9,4

***: F est hautement significatif (p<0,1%); *: F est significatif (p<5%); ns: F est non significatif (p>5%).

Tableau 2. Analyse de la variance de l'impact de l'exploitation des eaux de ruissellement sur K et RWC

4.4. Impact du Meskat sur le contenu relatif en eau

Pour le contenu relatif en eau, une différence de comportement est constatée entre les deux dates de mesure (Fig. 5). Le RWC varie de 34% à 92% pendant la première date et de 56% à 71% pendant la deuxième. Le RWC moyen présente une valeur maximale de 85% pour B3C1 et une valeur minimale de 41% pour B2C4. Le RWC moyen diminue de 81 à 4% de C1 à C4. La valeur moyenne de RWC par bande est de 64%, 63% et 68% respectivement pour B1, B2 et B3. L'analyse statistique du RWC montre une variation significative entre les casiers et non significative entre les bandes (Tableau 2). Ceci prouve que les bandes se comportent de la même façon puisqu'elles reçoivent presque la même quantité d'eau de ruissellement et sont soumises aux mêmes conditions climatiques.

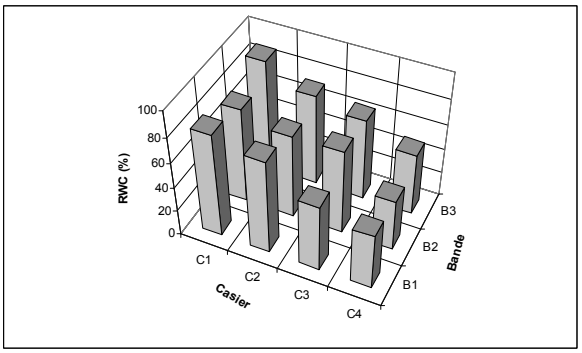


Fig.5 Variation du contenu relatif en eau selon la localisation par rapport à l'impluvium et selon les bandes

5. Conclusion

Cette étude montre que l'utilisation des eaux de ruissellement issues du système Meskat détient un impact positif sur les caractéristiques hydriques du sol et de l'olivier. En effet, elle renforce le taux d'humidité dans le sol d'environ 8% et le coefficient de perméabilité d'environ 66%. De plus, l'utilisation des eaux de ruissellement contribue au lessivage des sels solubles dans le sol. Une diminution de l'ordre de 17% selon la profondeur et de 8% selon le sens d'écoulement de l'eau ont été enregistrées. Ainsi, les quantités d'eau interceptées ont généré des conditions favorables au développement de l'olivier. Ceci se traduit par une amélioration du contenu relatif en eau au niveau des feuilles et une meilleure croissance végétative et fructifère, et par conséquent, une augmentation du rendement en olives. Par ailleurs, Il convient de souligner que l'impact positif enregistré se trouve fortement influencé par la position des casiers par rapport à l'impluvium, donc par la quantité d'eau de ruissellement retenue par les casiers, aménagés au niveau de l'oliveraie considérée.

Remerciements

Un grand remerciement pour Messieurs Gazah Kamel et Ben Hssan El Moncef de la Cellule Territoriale de Vulgarisation de M'Saken, pour leurs conseils et leurs participations le long de la période de terrain, et pour tous les membres de l'Unité Spécialisée de l'Institut de l'Olivier à Sousse pour leurs aides au cours de la réalisation des analyses à l'Unité.

Références

[1] E. Roose et M. Sabir, "Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans le bassin méditerranéen : classification en vue d'un usage renouvelé", Bulletin Réseau Erosion, 21, 2002 (pp. 33-44).

[2] L. Fleskens, L. Stroosnijder, M. Ouessar et J. De Graaff, "Evaluation of the on-site impact of water harvesting in southern Tunisia", Arid Environments, 62(4) 2005, (pp. 613-630).

[3] E. Houimli, Les facteurs de résistance et de fragilité de l'agriculture littorale face à l'urbanisation : Le cas de la région de Sousse Nord en Tunisie. Thèse de Doctorat. Ecole Nationale Supérieure du Paysage de Versailles, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech) (2008).

[4] Z. Chaabouni, Contribution à l'étude des transports solides dans un aménagement traditionnel d'utilisation des eaux de ruissellement pour l'alimentation des plantations d'oliviers dans la région du Sahel de Tunisie, Proceedings Publications AISH, Washington,1976 (pp. 284-291).

[5] K. Ben Khalil, Techniques for the Realization of "Meskat" in the Sousse Sahel. Regional Seminar on Traditional Water Works, Africa/Arab States (1983).

[6] M.H. Snane, M. Toumi et Z. Chaabouni, "Un modèle d'optimisation des pluies pour les oliveraies", Sécheresse, 1(2), 1991 (pp. 12-16).

[7] G.C. Topp, J.L. Davis et A.P. Annan, "Electromagnetic detremination of soil water content: measurement in coaxial transmission lines", Water Resources, 16, 1980 (pp. 574-582).

[8] C. Mathieu et F. Pieltain, "Analyse physique des sols. Méthodes choisies", Technique et Documentation, Paris, 1998, (pp. 21-49).

[9] W. Nâanaa et J. Susini, Méthode d'analyse physique et chimique des sols, Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture, Tunis (1988).

[10] S. Wahbi, R. Wakrim, B. Aganchich, H. Tahi et R. Serraj, "Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europeae L*) in field conditions under arid climate. Physiological and agronomic responses", Agriculture Ecosystème and Environnement, 2005, (pp. 289-301).

Morfología del litoral de Málaga: El caso del río Vélez

Manuel Eliberto Luque Guerrero[1]

[1] Arquitecto. Área de Proyectos Arquitectónicos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Granada, Avenida de Andalucía nº 38 18071 Granada, España, manelmlg@gmail.com

Abstract. The urban model of the North Coast of the Alborán Sea and it's infrastructure has greatly affected the territory and it's ecosystems. This has continued repeating for along the Mediterranean coast. For example, in the Valley of Rio Vélez, the construction of the Viñuela damn has destroyed the surrounding environment. The proposed solution to this problem is recycling residual water for aquifers, wetlands and irrigation allowing an ecological flow and creating spaces within the area.

Keywords: Viñuela, río Vélez, Coast, tertiary.

1. Introducción.

La rápida colonización del territorio en los últimos 50 años ha alterado enormemente el paisaje, especialmente el costero. El crecimiento urbano y los nuevos sistemas productivos necesitan unos recursos e infraestructuras que modifican el orden natural alterando los ecosistemas propios de la zona. Si se analiza el litoral norte del mar de Alborán se observa que este fenómeno se acentúa especialmente en su parte más oriental debido a un crecimiento urbano disperso y no planificado que coloniza todo el paisaje.

El caso de la cuenca del río Vélez, dentro de la comarca de la Axarquía, muestra un ejemplo de esa transformación debido a la presión urbanística y las nuevas técnicas de cultivo. Éstas trajeron consigo un aumento de la demanda de agua lo que llevó a la construcción de la presa de la Viñuela.

La regulación hidrológica de la cuenca del río Vélez supuso una frena casi total del aporte de sedimentos al mar y al delta, lo cual está haciendo que éste se encuentre en retroceso. La regulación del caudal de agua, junto con la extracción descontrolada de pozos ha llevado al acuífero en numerosas ocasiones a situaciones críticas, lo cual repercute en la destrucción parcial del ecosistema del río y especialmente el de los humedales de la desembocadura.

En base a toda esta problemática se propone un plan de gestión hídrica a partir del uso de agua reciclada procedente de la ampliación de la EDAR. con una planta de tratamientos terciarios. Esto permitiría llevar a cabo una recarga controlada del acuífero con parte de esta agua dentro de un entorno de protección definido que tendría, entre otros, el uso de parque fluvial, urbano, costero y litoral.

2. Desarrollo del problema.

2.1. El litoral norte del mar de Alborán.

Se ha realizado un barrido de distintas capas del medio desde el estrecho de Gibraltar hasta Adra. Han sido agrupadas en tres bloques: las que tienen que ver con la mancha urbana y sus infraestructuras asociadas, las del medio físico terrestre y las del medio submarino.

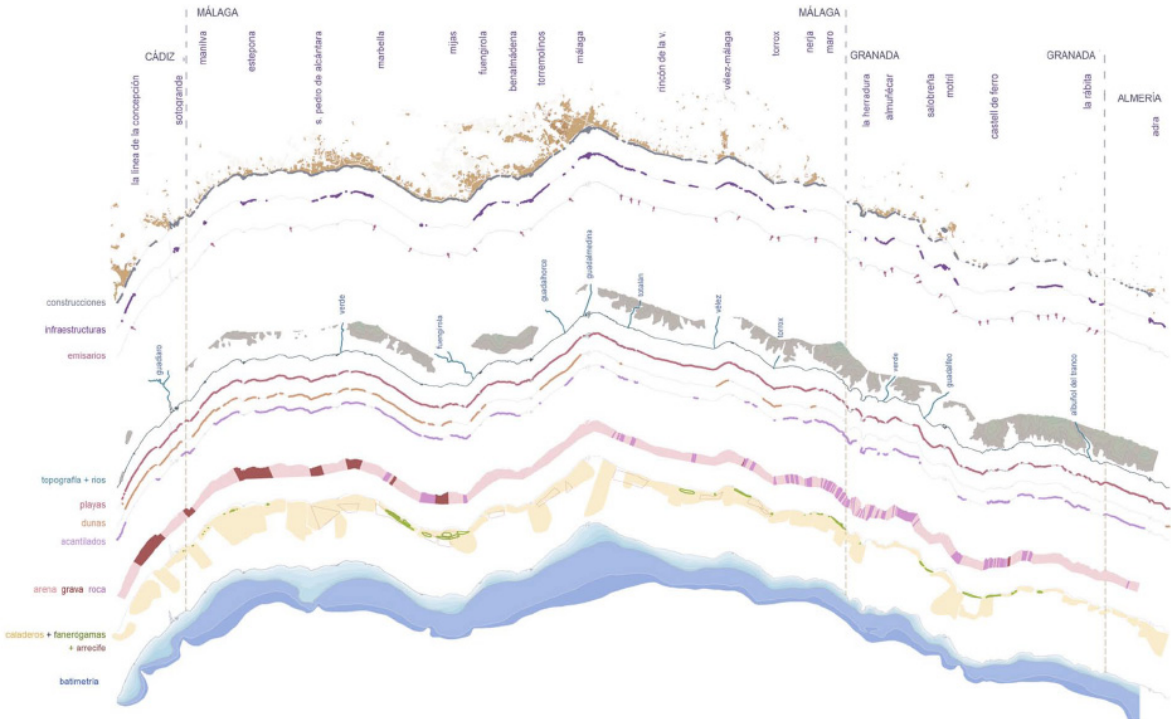


Fig. 1 Barrido por capas del litoral norte del mar de Alborán.

Pese a que la Costa del Sol tiene una mayor superficie urbana que la Axarquía y la Costa Tropical el grado de ocupación de infraestructuras marítimas es mayor en el segundo caso.
Esto viene determinado por el modelo urbano que se da en este segundo ámbito y por su orografía.

Mientras que en el primero las sierras se retiran permitiendo la aparición de infraestructuras y ciudad continua, en el segundo modelo se ven obligados a dispersar las construcciones, lo que supone un gasto de infraestructuras por habitante mayor debido a que posee una orografía mucho más abrupta. Por eso los pequeños reductos naturales poseen una especial importancia, tanto por su escasez como por su proximidad a la población.

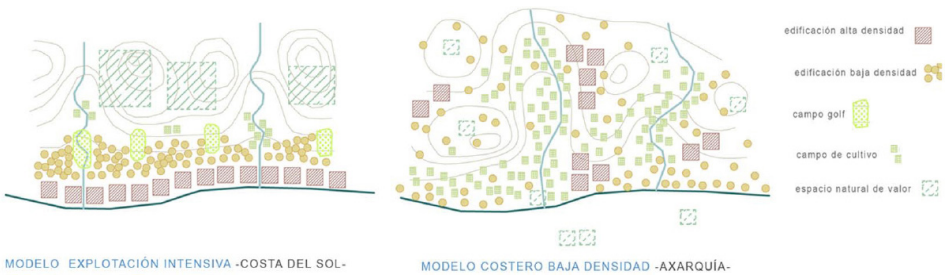


Fig. 2 Comparativa de modelos de ocupación urbana de la Costa del sol y la Axarquía.

2.2. La cuenca del río Vélez

En el caso del valle del río Vélez los cultivos tropicales sobrepasan el límite natural que supone la topografía dejando paso al crecimiento urbano en los terrenos más valiosos económica y ecológicamente hablando. Los nuevos cultivos que tienen una mayor demanda de agua, junto con un crecimiento de los núcleos de población, dan como resultado un alto consumo hídrico. Por ello en 1986 se construyó la presa de la Viñuela. La regulación hídrica de toda la cuenca y los años de menor precipitación han afectado a los más de 17 km de flora y fauna que se encuentran bajo la presa.



Fig. 3 Situación del acuífero en el territorio.

Además, desde 1986 se ha frenado casi por completo el aporte de sedimentos al mar por parte de este río, lo que está produciendo un retroceso del delta que llevaba en crecimiento desde el siglo XVIII. El hecho de la erosión de nuestras costas no es algo que se pueda solucionar localmente, sino que es algo que requiere una solución a escala global. La mayoría de los grandes ríos del mediterráneo poseen presas y otros elementos que frenan el aporte de sedimentos al mar, que son los que mantienen nuestros perfiles costeros



Fig. 4. [1] Evolución del delta del río Vélez.

Por último, unas técnicas de cultivo agresivas y una sobreexplotación de los pozos están destruyendo el acuífero. Al extraerse más agua de la recargada el acuífero se seca y desciende su nivel dejando el paso abierto a las infiltraciones marinas. Esta agua salobre, junto con los nitratos procedentes de los abonos y fertilizantes usados más recientemente hace que la calidad del agua se vea muy afectada especialmente en el sector costero.

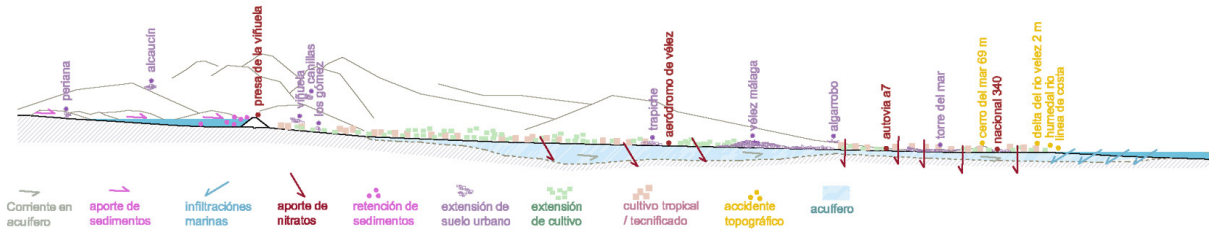


Fig. 5 Sección longitudinal al río Vélez.

2.3. *Propuesta de gestión hídrica.*

En base a toda la problemática planteada se realiza un estudio de cómo se ha llevado a cabo la gestión hídrica en la cuenca a lo largo de los años, con sus consecuencias medidas en cuatro parámetros: recarga del acuífero, calidad de agua, abastecimiento y regeneración de ecosistemas. Se estudian también posibles propuestas y la solución elegida.

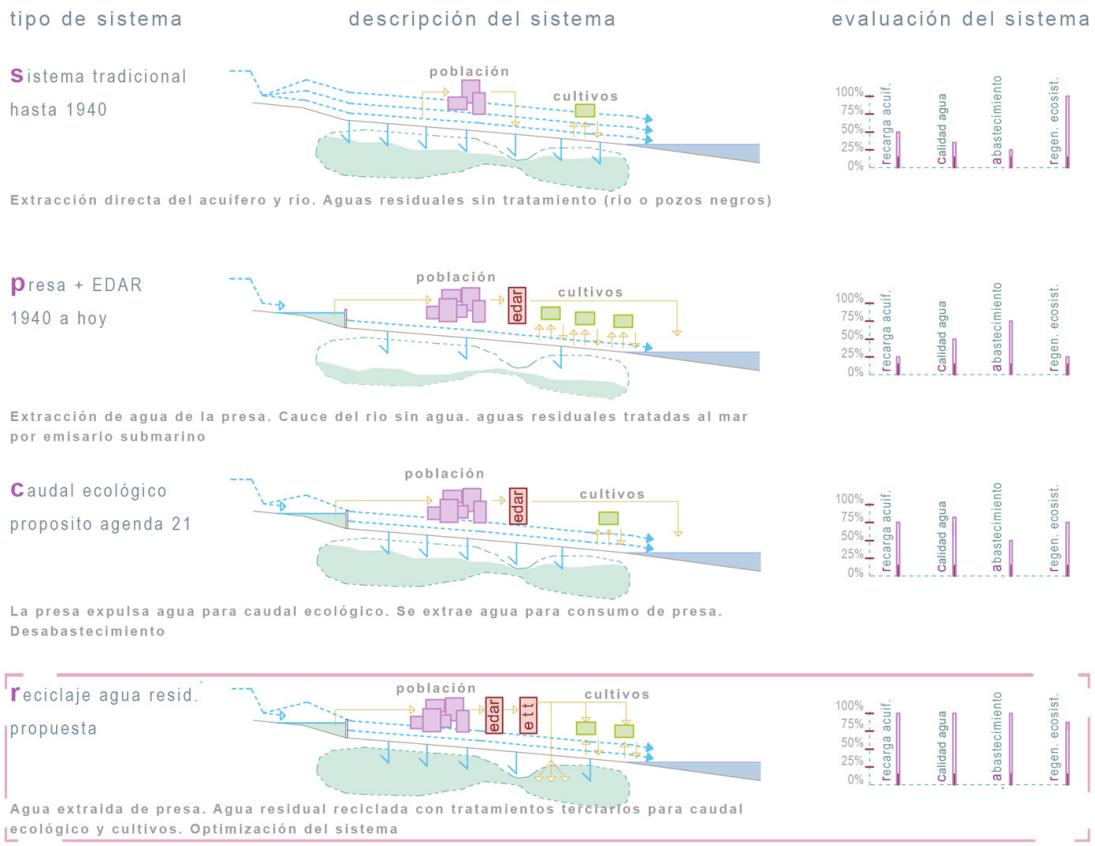


Fig. 6 Análisis de los sistemas de gestión hídrica.

Se propone la ampliación de la EDAR con una estación de tratamiento terciario anexa. Parte de este agua iría destinada a la recarga de acuíferos que se realizará a través de canales y de humedales de recarga que discurrirán por entornos protegidos y por un parque de desembocadura propuesto.

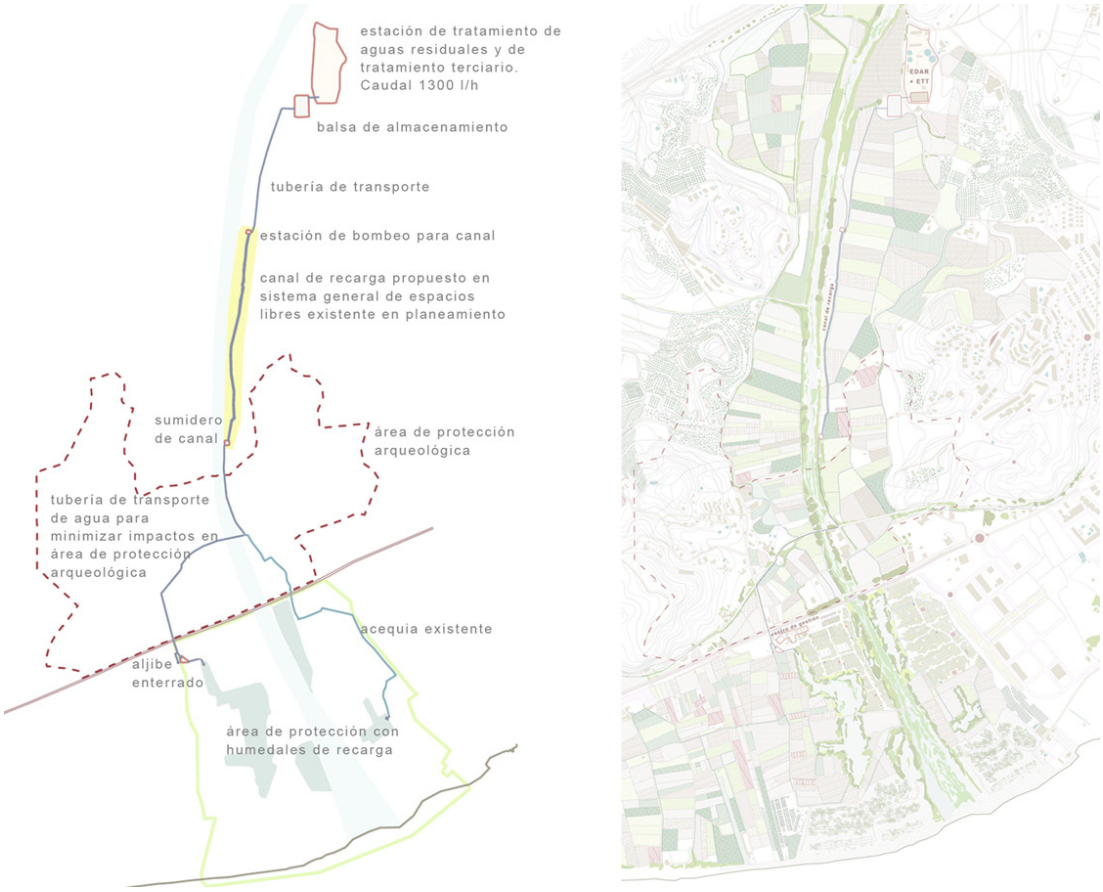


Fig. 7 Propuesta de recarga de acuífero por canales y humedales de recarga.

La recarga se ejecutaría a través del sustrato permeable del suelo hasta llegar a la zona saturada, donde el agua limpia de recarga limpia se mezclaría con la ya existente en el acuífero haciendo aumentar su nivel y calidad, y por tanto eliminando las intrusiones marinas.
Alrededor de los canales y especialmente de los humedales se crearían por sí solos ecosistemas propios que servirían como hábitats para aves, anfibios, insectos etc.

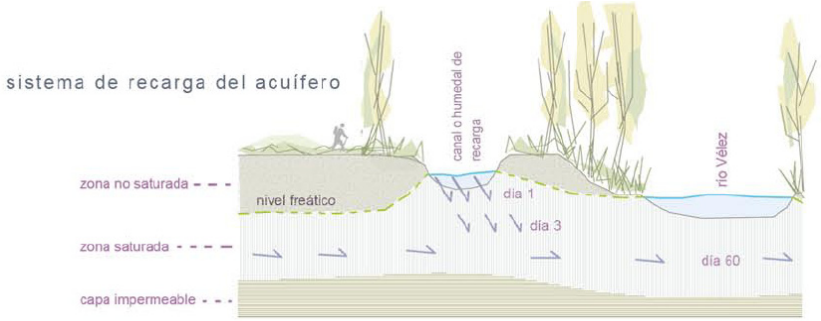


Fig. 8 Esquema en sección de infiltración de agua de recarga

2.4. Definición del área de protección. El entorno del parque.

En la desembocadura del río se propone la creación de un área de protección aumentando así el margen de protección establecido actualmente por el planeamiento.

Dentro de este espacio se situarían los humedales de recarga creados a partir de la extracción de áridos del suelo. Esta área de protección tendría otras funciones además de la de recarga de acuífero. Sería un parque de uso público en el que se llevarían a cabo actuaciones como la regeneración del cordón dunar litoral (actualmente ocupado por cultivos), el establecimiento de un área destinada a cultivos ecológicos, la creación de una alameda (con álamo blanco), se proponen distintos usos deportivos y lúdicos, y por último la construcción de un centro de gestión tanto para el parque como para la regulación hídrica.



Fig. 9 Planta de definición del parque. Área de protección

3. Conclusiones.

La costa ha sufrido un proceso de cambio en el sistema productivo muy rápido durante los últimos años. Esto ha obligado a adoptar nuevas soluciones en el territorio, en muchos casos precipitadas o no planificadas. El manejo de una información multiescalar ha permitido comprobar la evidencia de que un hecho puntual puede afectar a la globalidad del sistema.

Mediante un barrido general de las distintas capas del medio podemos contextualizar la zona de trabajo (el río Vélez) y conocer las peculiaridades de ella.

En este terreno se asienta un modelo urbano muy disgregado que obliga a desplegar una cantidad de infraestructuras muy elevada, por lo que la transformación que sufre el medio es muy grande y son muy pocos los espacios de valor natural que aún quedan libres.

La frena de aportes de sedimentos al delta de su desembocadura debido a la construcción de la presa está provocando el retroceso del mismo. Además esto no contribuye a mantener las playas y el perfil del resto de la costa.

La propuesta tendría como consecuencias positivas, entre otras, un aumento de la calidad del agua del acuífero (con una capacidad de almacenaje de 80 hm^3 y por tanto una reserva importante), una mejora de los ecosistemas propios de la zona que actualmente se ven afectados por la falta de suelo y de agua, una incremento de la humedad del suelo que beneficiaría a los cultivos de regadío, y la creación de un espacio (el parque) para uso y disfrute público.



Fig. 10Propuesta. Imagen de la desembocadura del río Vélez

Esta propuesta es específica para una zona en concreto. Habría que evaluar si otras zonas de la costa mediterránea son aptas para una actuación similar a esta. Sin embargo sí que se pueden extraer pequeñas intervenciones dentro del abanico de actuaciones que se llevan a cabo para otros puntos de la costa.

Referencias.

[1] José Mª Senciales González y Gonzalo Malvárez, "- La desembocadura del Río Vélez (Provincia de Málaga, España). Evolución reciente de un delta de comportamiento Mediterráneo.", Rev. C.& G., 17 (1-2), (pp. 47-61).

Agustín Escolano Bueno y José A. García Peña. "Acuíferos costeros de los ríos Algarrobo y Vélez".

José Luis García Aróstegui. "Control de la intrusión marina y modelización del Acuífero de Vélez".

G.E.N.A. "Impactos ambientales en la desembocadura del Río Vélez".

José L. García Aróstegui, Mª Carmen Hidalgo Estévez y Javier Cruz-Sanjulián "Evaluación de la contaminación por nitratos en el acuífero de Vélez".

Regeneración y protección de la playa del Aculadero en Puerto Sherry.

D. Darío García Contreras[1], and D. José Luis Tejada Márquez[2]

[1] Departamento de Mecánica de Estructuras e Ingeniería Hidráulica, Universidad de Granada, Avda. Mediterráneo s/n, Granada, Spain, dario77@correo.ugr.es
[2] Director General Puerto Sherry, Avda. de la Libertad s/n, El Puerto de Santa María, Cádiz, Spain.

Abstract. Aculadero Beach is adjacent to the marina of Puerto Sherry (Cádiz, España). The erosion process in this beach it´s forced by an insufficient sediment flux from the natural dynamics and currents of the Cadiz Bay. In order to solve this problem, a dragging action was planned in the Puerto Sherry access. The extracted material was used in the regeneration of the beach. Future options include a bypass structure that will drive the material from Puerto Sherry access to the beach.

Keywords: beach, dredging, regeneration.

1. Introducción.

La playa del Aculadero se encuentra en el término municipal de El Puerto de Santa María, al Este de la Provincia de Cádiz (Andalucía, España). Concretamente al Noreste del puerto deportivo de Puerto Sherry (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

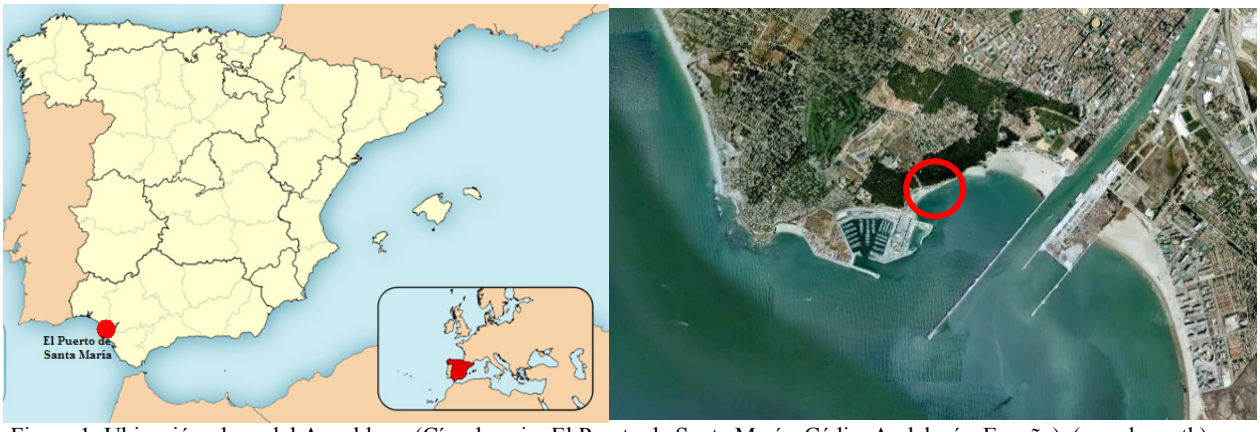


Figura 1: Ubicación playa del Acualdero. (Círculo rojo, El Puerto de Santa María, Cádiz, Andalucía, España). (google earth)

La dinámica litoral natural de la zona, consiste en un transporte neto de sedimentos a lo largo de la costa con dirección Oeste-Este, la presencia de esta infraestructura dificulta dicha dinámica litoral natural, produciéndose sedimentación en la bocana de acceso al puerto y erosión de las playas adyacentes situadas al este de la instalación portuaria.

Para solventar esta problemática, proteger y regenerar las playas adyacentes situadas al este de la instalación, se propone el análisis y estudio de dos principales actuaciones humanas encaminadas a sustituir la dinámica natural, estas dos opciones son:

- 1- Realizar la regeneración de la playa con material procedente de la bocana de acceso a Puerto Sherry. (Véase la línea discontinua color azul de la Figura 2)

- 2- Habilitar un By-pass que comunique la bocana de acceso al puerto con la playa. De este modo, transportar mediante impulsión por tubería el material arenoso que sedimenta en la bocana del puerto. (Véase Figura 2, línea continua de color rojo).

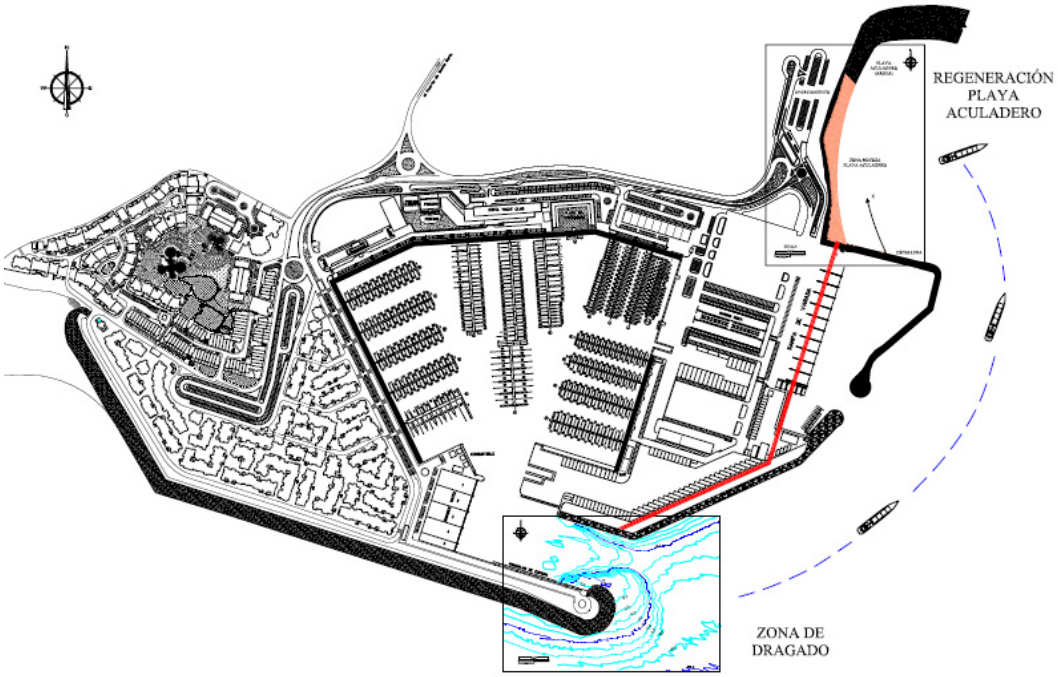


Figura 2: Planta general de la bocana de acceso a Puerto Sherry y playa del Aculadero.

2. Desarrollo del problema.

Para solventar por tanto la erosión y protección de la playa del Aculadero se estudiaron las dos posibilidades anteriormente citadas, si bien, en Julio de 2010 se realizó una campaña batimétrica en la zona a cargo de Servitopo S.L., tras el análisis de los resultados se observó que la sección efectiva de la bocana de acceso al puerto se había reducido hasta en 1/3 de la inicial (véase Figura 3), acelerando la necesidad de realizar el dragado y regeneración de la playa, por tanto, descartándose la segunda de las opciones planteadas ante la imperiosa necesidad de llevar a cabo la regeneración y no disponer del tiempo suficiente como para construir el bypass.

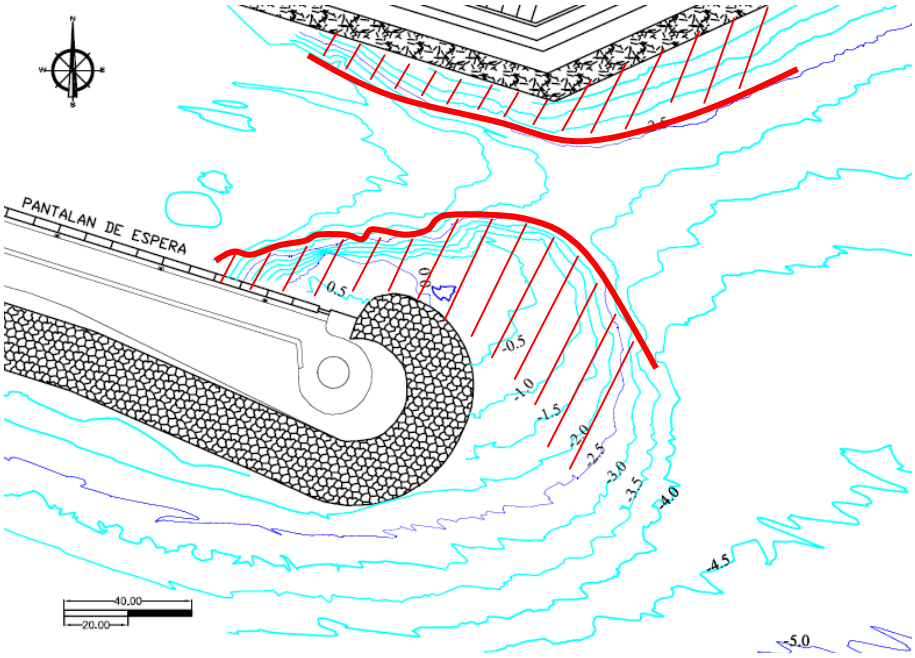


Figura 3: Batimetría de la bocana de acceso a Puerto Sherry. (En rojo estrechamiento de la sección efectiva, la cota en la zona central es de -2.7 m, siendo 3 m la mínima necesaria para).

Esta evidente sedimentación se produce debido al descenso de la velocidad del flujo al llegar a la bocana de acceso a Puerto Sherry, facilitando la sedimentación del material arenoso. Para justificar esta conclusión se han observado los resultados de simulaciones con el modelo Ref-Dif (Universidad de Delaware, véase Figura 4), obteniendo las corrientes generadas por la rotura del oleaje y capacidad de transporte de sedimentos (forzamientos característicos del entorno: Dirección de incidencia oleaje W, Periodo 10 s, Altura de ola 1.5 m).

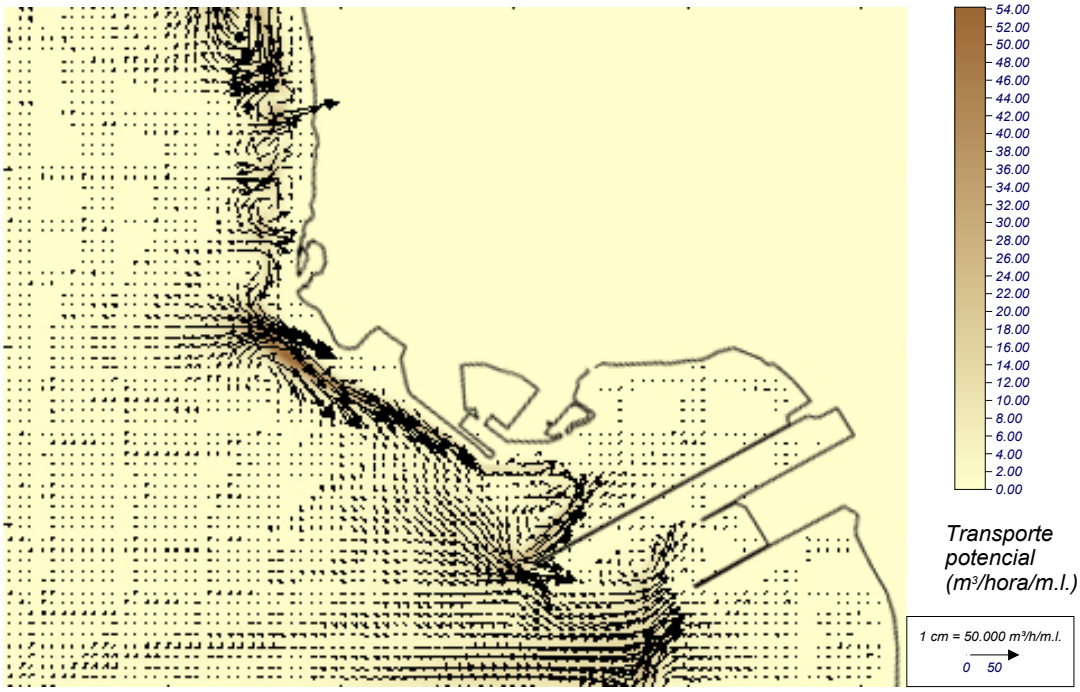


Figura 4: Transporte de sedimentos en Puerto Sherry (modelo REF-DIF)

Se ha analizado el material depositado en la bocana, siendo su composición arenas finas y por tanto apta para la regeneración y protección de la playa del Aculadero. El materal depositado se extraerá con draga de succión en marcha. Este material extraído por la draga será transportado por la misma hasta las proximidades de la playa, donde se instalará una tubería para el alijo del material.

Con el objetivo de asumir un mayor control durante el proceso de regeneración de la playa, se realiza una identificación y numeración de celdas en las zonas de dragado y vertido. En ambas zonas se considera un sistema de referencia local. En la zona de dragado, se adopta el sistema de referencia ***OXY***, siendo nomenclatura de las celdas la siguiente:

- Eje ***OX***: A, B, C, D, E, F, G.
- Eje ***OY***: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

De este modo cada una de las celdas queda identificada por un código de dos dígitos, el primero representa el eje ***OX*** y el segundo el eje ***OY***. Además, en cada una de las cedas se estima el volumen de material a extraer.

Otra caracterización que se realiza es marcar con flechas el rumbo que debe seguir el buque a la hora de realizar el dragado. El dragado se iniciará en la celda ***B1*** con rumbo según el eje ***OX***. La zona marcada en rojo (Véase Figura 5) identifica el rumbo que debe seguir el buque en esa zona del dragado (dirección eje OX, sentido positivo), en azul celeste el rumbo a seguir durante el proceso de dragado sigue la dirección ***OY*** (sentido positivo), iniciando el proceso en la celda ***G5***.

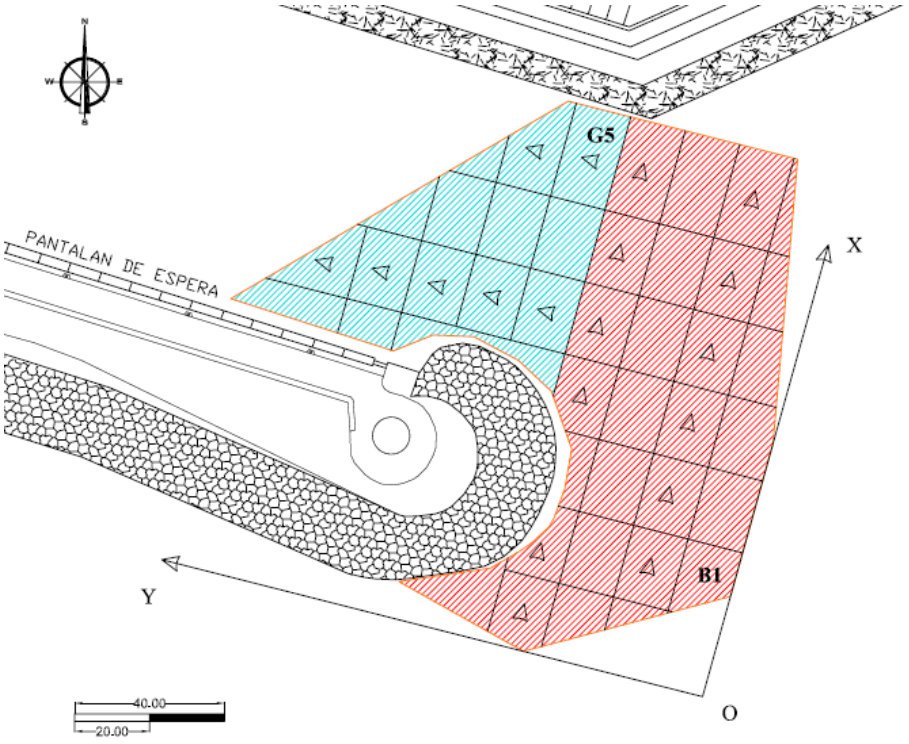


Figura 5: Identificación y numeración de las celdas en la zona de dragado. Sistema de referencia LOCAL OXY.

La regeneración de la playa se inicia en la celda ***A6***, mediante la impulsión del material a través de una tubería conectada al buque. A medida que se realiza el vertido junto con la celda ***A6***, se completan las celdas existentes hacia la costa, creándose un perfil de verano inexistente hasta el momento de la

regeneración. El proceso finaliza en la celda ***K1.*** (Véanse Figura 6 y 7). En la Figura 8 se muestra es estado final de la playa tras la actuación de regeneración y protección.

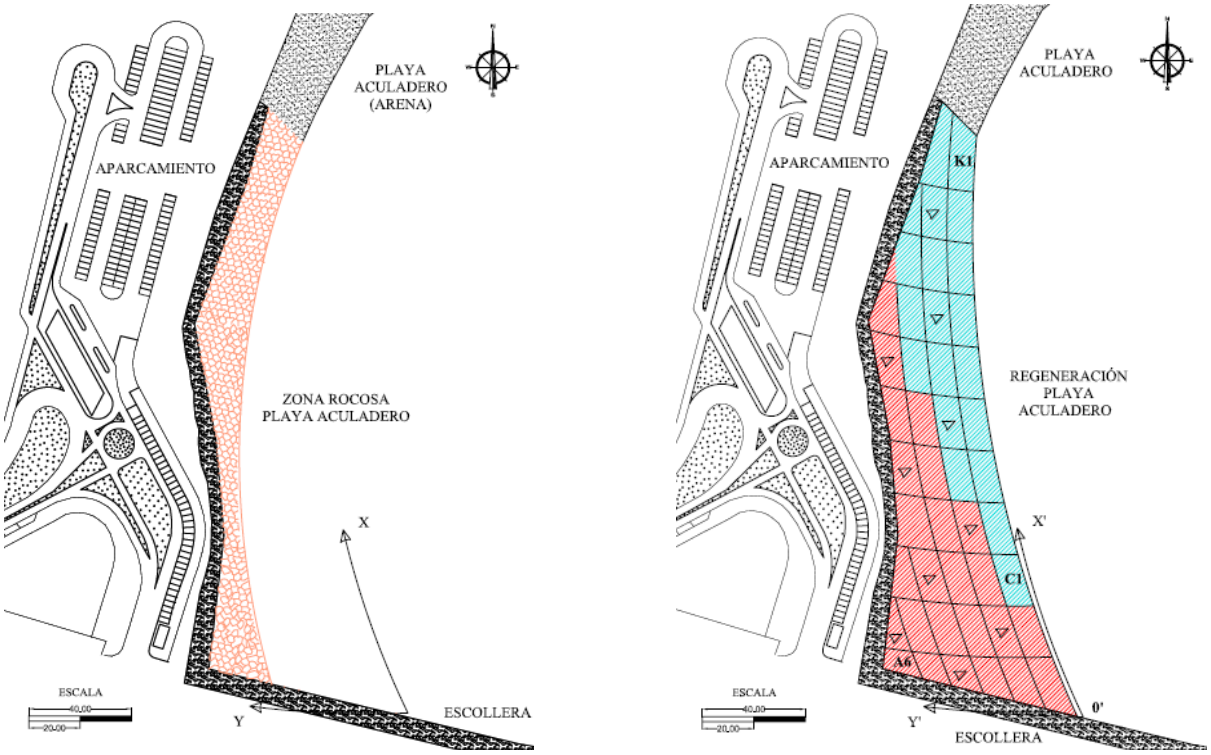


Figura 6: Izquierda, estado inicial de la playa del Aculadero. Derecha: estado de la playa después de la regeneración.

En el punto de vertido se realiza una caracterización similar de la zona. En este caso el sistema de referencia local es ***O'X'Y'***, con ejes de referencia ***O'X'*** y ***O'Y'***.

La nomenclatura de las celdas en la playa objeto de la regeneración es la siguiente:

- Eje ***O'X'***: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K.
- Eje ***O'Y'***: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

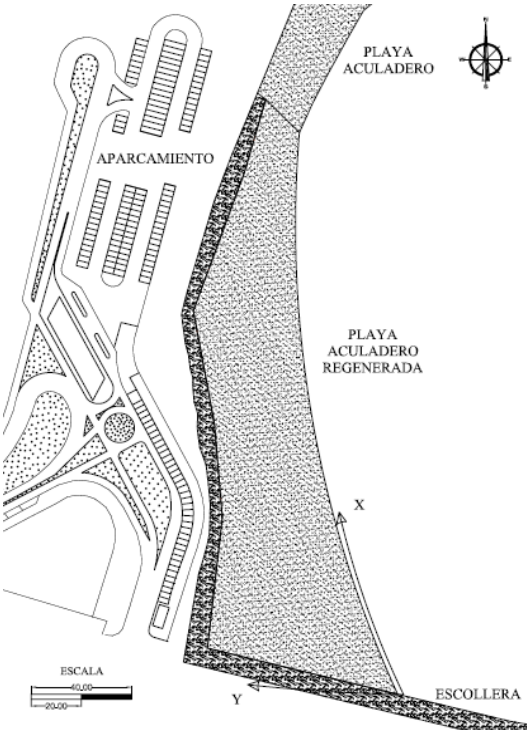


Figura 7: Estado final de la playa del Aculadero tras la regeneración.



Figura 8: Playa Aculadero. Izquierda (anterior regeneración, 24 jun. 2010). Derecha (posterior a la actuación, 17 dic. 2010).

3. Conclusiones.

A lo largo de este estudio se ha planteado un nuevo método para la regeneración y protección de una playa, estas innovaciones son:

- Implementar un sistema de referencia local en las zonas de estudio el cual nos permita identificar mediante un mallado de celdas la zona de dragado y alijo, conociendo en cada una de las celdas el material a extraer y el recorrido que debe seguir el buque.
- Menor impacto ambiental. Mayor exactitud en los trabajos realizados, optimización de recursos.
- Mejor gestión del material procedente del dragado al tener controlado en cada instante el material extraído y su alijo en el punto de vertido.

La mejor planificación, análisis y diseño del proceso de dragado quizás sean las mayores desventajas a las que debe enfrentarse este nuevo sistema de regeneración de una playa. Siendo necesario por tanto invertir mayor tiempo en la fase de proyecto, definiendo claramente la zona de estudio y el mallado en celdas.

4. Agradecimientos.

Agradecer a D. José Luis Tejada todo el apoyo mostrado en la fase de proyecto y ejecución de los trabajos así como a D. Francisco Colón (capitanía de Puerto Sherry) por sus recomendaciones y consejos, a D. Jorge Finch (administrador de la empresa SEMAFI S.L. contratada para ejecutar los trabajos de regeneración de la playa del Aculadero en los meses de Julio a Septiembre de 2010) por la comprensión y buenas relaciones mantenidas.

5. Referencias.

[1] Baker, R.M., MeCown, D.L., Paddock, R.A. and Ditmas, J.D.,"Thalweg Disposal: Demostration of an Alternative", Proceedings of the First International conference on Dredging and Dredged Material Placement, 1984, Mantgomery and Jaime W. Leach, editors, vol. II, (pp 980-989).

[2] CEDEX, "Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)", Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 1994, Madrid, España.

[3] Dieter, W., "Dredging: A clean Up Technique for Contaminated Sediments", Terra et Aqua Nº 42. April 1990 (pp 12-20).

[4] Herbich, J.B., and Schiller Jr. R.E. "Environmental Effects of Dredging", World Dredgind Conference Association, V Proccedings of World Dredging Conference. 1974, San Pedro, California (pp 699-720).

[5] Landaeta, C., "Potencial Environmental Impacts Generated by Dredging and Disposal Dredged Material Processes" 1995, Colorado, USA.

[6] Lee, G.F., and Jones-Lee, A., "Contaminated dredged sediment disposal criteria", Proceedings of the second international conference on dredging and dredged material placement. 1994, E. Clark MacNairs, editor. Vol. I, (pp 121-130).

[7] M.C. Casado-Martínez, J.L. Buceta, J.M. Forja, T.A. DelValls, "Ejercicio interlaboratorio de bioensayos marinos para la evaluación de la calidad ambiental de sedimentos costeros. I Descripción del ejercicio y calidad de los sedimentos", Ciencias Marinas, 2006, 32 (1B): (pp. 121-128).

[8] Sánchez-Carratalá, C.R., V. Esteban, J. Serra, "Caracterización medioambiental de materiales procedentes del dragado de puertos deportivos", V Jornadas Españolas de Ingeniería de Costas y Puertos, 1999, La Coruña, España.

[9] Serra, J, "Aplicabilidad de las recomendaciones del CEDEX en puertos menores. Un análisis crítico", 1er Seminario Internacional sobre Dragado de Mantenimiento en Puertos de Pequeño y Mediano Tamaño, 2000, Avilés, España.

Application des SIG et de la tomographie électrique pour contribuer à la protection de l'aquifère de Martil-Alila (Maroc)

S. Benabdelouahab[1], J. Stitou El Messari[1], M. Himi[2], M. Draoui[3], A. Salhi[4], A. Casas[2]

[1] Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaadi, B.P. 2121, M'hannech 2, Tétouan, Maroc. moibenabdelouahab@gmail.com

[2] Département de Géochimie, Pétrologie et Prospection Géologique, Université de Barcelone, Espagne.

[3] Département de Géologie, Ecole Normale Supérieure, Tétouan, Maroc.

[4] Département de Géographie, Université Abdelmalek Essaadi, Maroc. salhi01@gmail.com

Abstract. Groundwater resources in the Tetouan area (northern Morocco) provide primordial drinking and irrigation water supply. However, the quality of these resources is increasingly vulnerable due to the multiplication of punctual and diffuse pollution sources. Therefore, the future land use and water management plans should be based upon aquifer vulnerability maps that show the aquifer exposure degree. These maps are used to guide the future development projects in the purpose of minimizing the negative impact upon the groundwater resources.

A new geophysical method (based on the use of electrical tomography) have been used in the Martil-Alila aquifer to assess its groundwater pollution vulnerability Results have been represented, using a geographic information systems, in a vulnerability map to indicate sensitive areas to pollution where special environmental requests should be considered to promote sustainable management of groundwater resources.

Keywords: Vulnerability, tomography, aquifer, GIS.

1. Introduction

La plaine de Martil-Alila (Fig. 1) se situe au sein de la province de Tétouan (Maroc septentrional) et elle correspond à une plaine basse étendue sur une superficie d'environs 100 Km2. Entourée par la chaîne montagneuse de la Dorsale calcaire du Rif interne et par des formations secondaires, cette plaine côtière abrite l'un des principaux aquifères détritiques du Nord-ouest du Maroc. Elle est drainée par deux oueds qui la recoupent transversalement, l'oued Alila au Nord et l'oued Martil au Sud qui se termine près de la ville de Martil sur la côte méditerranéenne.

Du point de vue hydrogéologique, l'aquifère de Martil-Alila est constitué par des matériaux plio-quaternaires qui remplissent une dépression formée par les massifs géologiques adjacents (schistes, calcaires, pélites, conglomérats et argiles du Rif interne). Les niveaux aquifères sont localement séparés par des niveaux de comportement aquiclude à aquitard dont l'extension spatiale est discontinue (Stitou El Messari, 2002). L'épaisseur de ces derniers peut atteindre 35 m, avec des valeurs maximales enregistrées dans la partie centrale de la plaine. Au-delà, ces niveaux s'amincissent progressivement suivant les différentes directions pour disparaître complètement en amont de la ville de Tétouan et dans la partie nord de la plaine.

2. Concept de la vulnérabilité à la pollution

La vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines renvoie aux caractéristiques intrinsèques qui déterminent la susceptibilité d'un aquifère à être contrairement affectée par une charge polluante (Foster et al., 1988). En effet, elle exprime le degré de difficulté, pour un contaminant qui se situe à la surface du sol, d'atteindre un aquifère productif ; c'est pourquoi la vulnérabilité peut être définie comme étant la sensibilité de la qualité des eaux souterraines aux activités anthropiques qui peuvent causer une contamination.

Toutefois le concept de vulnérabilité, indépendamment des types de polluant et des processus de pollution, est trop simple ; aussi il doit non seulement faire l'objet d'une classification en différents degrés, mais aussi d'une différenciation en fonction des principaux processus de pollution : suivant l'origine (surface du sol, source de pollution ponctuelle ou diffuse, sous-sol, stockage souterrain, forage, eau de surface polluée) et suivant la durée (pollution accidentelle ou chronique).

En effet, le développement du concept de vulnérabilité des eaux souterraines a été généré comme suite à l'inquiétude mondiale croissante au sujet de leur pollution. La question de la qualité des eaux souterraines reçoit une attention de plus en plus importante, et l'information hydrogéologique reste essentielle pour la protection efficace et la gestion de la qualité de ces ressources. La protection efficace doit viser la prévention des problèmes à l'origine et doit exiger une base d'information continue et fiable afin de déterminer les problèmes de la qualité des eaux souterraines qui existent et ceux qui peuvent survenir dans le futur.

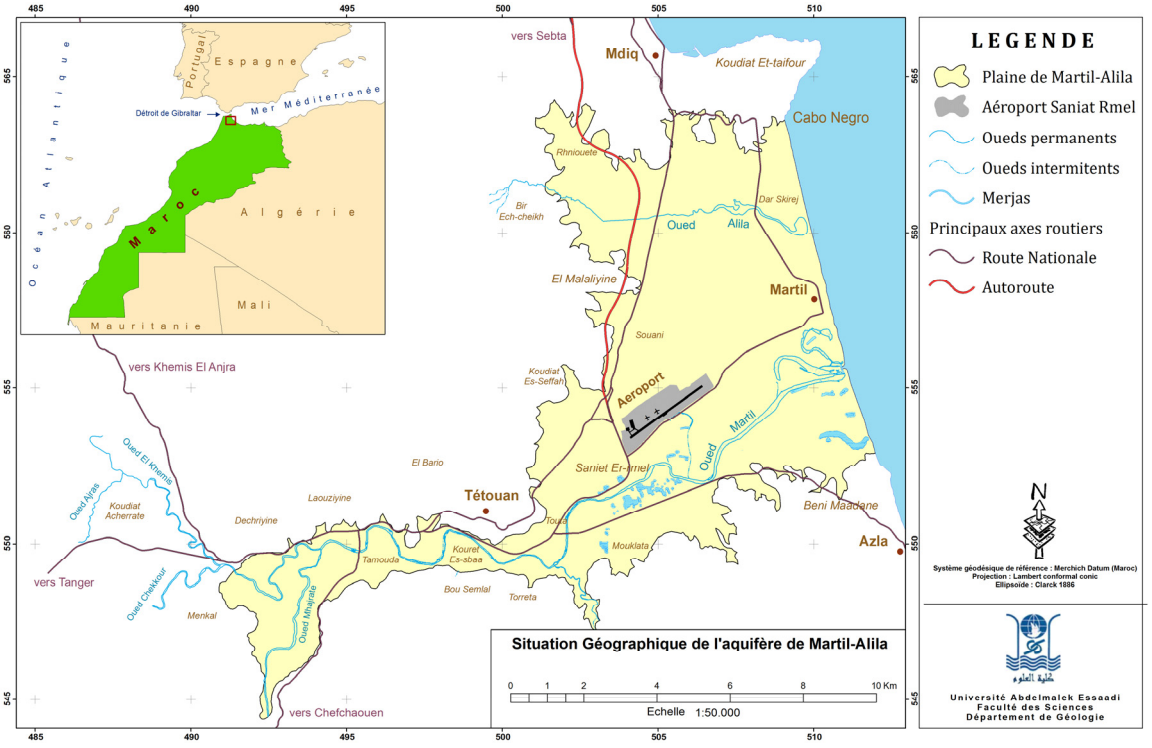


Figure 1: localisation géographique de la zone d'étude

Les cartes de vulnérabilité de l'eau souterraine sont utilisées comme un guide pour l'emplacement de futurs projets de développement dans une région dans la finalité de minimiser l'impact négatif que portera le développement projeté sur les ressources hydriques environnantes (Salhi et al., 2008). Ce

sont des cartes schématiques réalisées dans le but d'aider la prise de décision pour l'aménagement du territoire. Elles peuvent combler des besoins d'inventaire et guider les organismes de réglementation qui doivent assurer une gestion globale de l'ensemble de la ressource en eau souterraine du territoire.

Les méthodes DRASTIC (Aller et al., 1987) et SINTACS (Civita et al., 2000), employées au niveau du présent travail, sont des approches qui utilisent des pondérations, pour chaque facteur représentatif de la vulnérabilité, qui déterminent son importance relative par rapport aux autres facteurs. Ensuite, chacun des facteurs a été divisé en intervalles qui indiquent le degré difficulté (ou de facilité) que va rencontrer un agent polluant lors de sa percolation depuis la surface du sol vers l'aquifère et à l'intérieur de celui-ci. Chaque intervalle reçoit une cotation croissante qui exprime son importance relative par rapport à un autre. Par conséquence, la variabilité de la cotation pour ces paramètres permet à l'utilisateur de choisir la valeur typique ou d'ajuster la valeur de l'intervalle en se basant sur une connaissance détaillée du secteur étudié. Ces méthodes permettent à l'utilisateur de déterminer une valeur numérique pour chaque système hydrogéologique en employant un modèle additif.

3. Méthodologie

La zone vadose se réfère à la zone se situant au-dessus du niveau d'eau et étant non saturée ou saturée d'une manière discontinue. La nature de la zone vadose détermine les caractéristiques atténuateurs des matériaux surmontant le niveau d'eau. Elle contrôle aussi la longueur de la trajectoire ainsi que le cheminement et, donc, le temps disponible aux pouvoirs d'atténuation.

Afin d'identifier l'épaisseur, l'extension latérale et les caractéristiques des formations qui surmontent la nappe aquifère de Martil-Alila, on a réalisé une campagne géophysique par la méthode de la tomographie électrique à travers la réalisation de 18 profils géoélectriques éparpillés sur l'ensemble de la surface de la plaine.

La méthode de prospection du sous-sol par tomographie électrique consiste en une ampliation de la méthode des sondages électriques verticaux. La tomographie électrique de surface permet d'obtenir une image électrique du sous sol, c'est-à-dire une coupe de la résistivité en fonction de la profondeur en mesurant le profil de résistance pour différentes combinaisons d'électrodes de courant et de potentiel. En effet, une des limitations des sondages électriques verticaux vient du fait qu'ils ne prennent pas en compte les variations latérales de la résistivité du sous-sol. Les méthodes d'imagerie électrique bidimensionnelles furent mises au point dans le but d'obtenir un modèle du sous-sol où la répartition de la résistivité varie verticalement et horizontalement le long du profil.

Une acquisition bidimensionnelle utilise en général un grand nombre d'électrodes connectées à un câble multiconducteurs et placées selon un profil. Dans notre cas, l'acquisition des données des profils a été réalisée en employant un dispositif mixte Wenner-Schlumberger avec une séparation entre les électrodes de 10m.

Les coupes géoélectriques bidimensionnelles qui illustrent les variations de la résistivité réelle du sous sol (obtenues à partir de l'inversion des pseudo-sections par le logiciel Res2Dinv) (Loke, 2002) sont interpréter pour distinguer entre les différents niveaux lithologiques de la zone vadose. Ces coupes ont contribué d'une manière efficace à la discrimination des différents degrés de vulnérabilité de l'aquifère concerné.

4. Résultats et discussion

La tomographie électrique est une technique géophysique d'étude du sous-sol qui consiste à déterminer la distribution latérale et verticale des résistivités électriques dans un milieu de dimensions limitées, à partir d'un nombre élevé de mesures réalisées depuis la surface du terrain. Le résultat final de ce type d'études consiste en des images de la distribution des résistivités réelles suivant la distance entre les électrodes et la profondeur d'investigation. Ces images sont facilement interprétables et elles servent aussi bien pour des études géologiques, hydrogéologiques, géotechniques et environnementales.

Le résultat de l'application de cette technique au niveau de l'aquifère de Martil-Alila a permis de distinguer les niveaux argileux grâce au bon contraste de résistivité électrique existant entre ces formations très peu perméables et les niveaux sableux perméables. Les valeurs de la résistivité sont aux alentours de 10 ohm.m pour les couches argileuses alors qu'elles remontent à 60 ohm.m pour les formations sableuses.

Trois profils représentatifs sont discutés ici (Fig. 2). Ces profils sont disposés suivant une vulnérabilité croissante reliée à la diminution de l'épaisseur de la couche argileuse protectrice en allant du haut de la série vers le bas. Le premier montre l'existence d'un niveau peu résistant (inférieur à 12 ohm.m) attribué à des argileux très peu perméable (jouant le rôle de zone d'atténuation de la pollution), plus ou moins horizontal, d'une épaisseur supérieure à 15m.

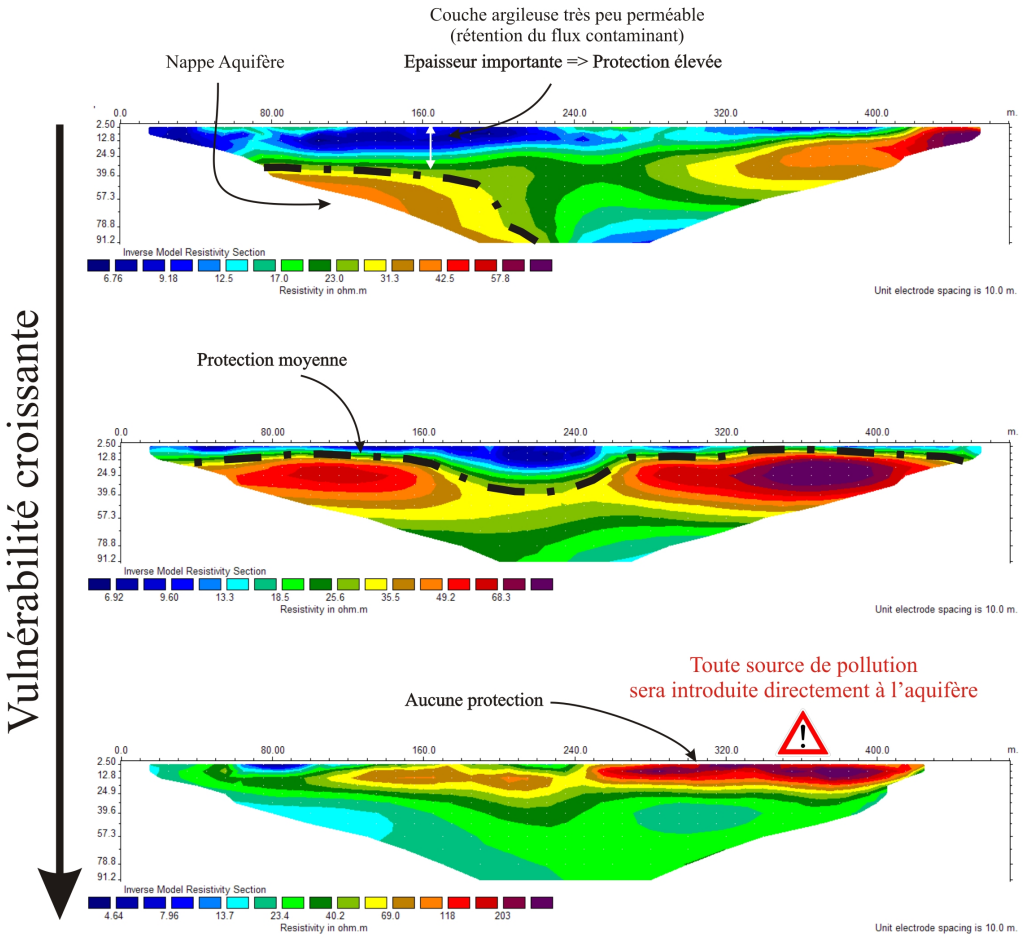


Figure 2: Concept d'application de la tomographie électrique à l'aquifère de Martil pour évaluer sa vulnérabilité à la pollution

Par contre, le deuxième profil indique l'existence d'un niveau peu résistant (environs 10 ohm.m) moins puissant (aux alentours de 5m) qui représente des formations argileuses très peu perméables (se trouvant au-dessus des couches perméables), permettant une protection relativement inférieure contre la pollution potentielle. Dans le dernier profil, on note l'absence des niveaux argileux résistants à la superficie du profil. Ainsi, les formations perméables se trouvent, dans ce cas, sans aucun écran d'atténuation de la pollution ; d'où la vulnérabilité élevée de l'aquifère au droit du profil concerné.

On en déduit, que la tomographie électrique est une technique bien adaptée pour fournir une information précise sur la profondeur, l'épaisseur et la continuité latérale des barrières lithologiques peu et/ou très peu perméables. C'est une méthode rapide, économique et non destructive.

Dans notre zone d'étude, les profils de résistivité électrique montrent une variabilité latérale et verticale des différents niveaux qui peuvent être facilement corréler aux paramètres lithologiques du sous-sol. Les aires ayant des faibles résistivités indiquent une protection meilleure contre la pollution alors que les zones superficielles à résistivités élevées sont attribuées à des sédiments plus ou moins grossiers qui faciliteront l'infiltration des polluants potentiels.

Il est donc possible de conclure un indice numérique de protection des ressources hydriques souterraines à partir de l'information dérivée des profils bidimensionnelles de la tomographie électrique. Il semble alors que cette technique étant plus précise et fiable pour la cartographie de la vulnérabilité à la pollution des aquifères que les autres méthodes qui se basent sur une inspection superficielle ou une interpolation des données limitées des sondages mécaniques.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une coopération interuniversitaire entre l'Université Abdelmalek Essaadi (Maroc) et l'Université de Barcelone (Espagne) et il a été facilité grâce à une bourse octroyée par l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement (AECID). Les résultats de ce travail sont aussi le fruit de la collaboration avec l'Agence du Bassin Hydraulique de Loukkous (ABHL).

Réferences

[1] Aller, L., T. Bennett, J. H. Lehr, R. J. Petty, y G. Hackett (1987) DRASTIC: A standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic settings, EPA/600/2-87/035, U.S. Environ. Prot. Agency, Ada, Okla.

[2] Civita M. & Maio De M. (2000) Valutazione e cartografia automatica Della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrito SINTACS R5. Pitagora Editrice, Bologna. 226 p.

[3] Foster S. & Hirata R. (1988) — Groundwater risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO-CEPIS Technical report. Lima 73 pp.

[4] Loke, M.H. (2002) RES2DINV 3.5. Rapid 2-D resistivity and IP inversion using the least square method.

[5] Salhi A., Stitou El Messari J., Benabdelouahab S., El Gettafi M., Diaz Y., Himi M. & Casas A. (2008) Cartografía comparativa de la vulnerabilidad del acuífero costero de Ghis-Nekor (Marruecos). Geogaceta, 44: 167-170.

[6] Stitou El Messari J. (2002) Etude de la salinité des eaux souterraines des aquifères côtiers Martil-Alila et Smir: intégration des méthodes hydrogéochimiques, géophysiques et isotopiques. Thèse d'état. Univ. Tétouan. 250p.

Sustainable management of an Aquifer under Arid Conditions (Ghis-Nekor Aquifer, Al Hoceima, Northeast Morocco)

A. Salhi[1], J. Stitou El Messari[2], S. Benabdelouahab[2], M. Draoui[3], M. Himi[4], A. Casas[4]

[1] Geography department, FLSH, Abdelmalek Essaadi University, Martil, Morocco. salhi01@gmail.com
[2] Geology department, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco.
[3] Geology department, ENS, Martil, Morocco.
[4] Geochimistry, petrology and Geological prospection department, Barcelona University, Spain.

Abstract. The Ghis-Nekor aquifer is located in the province of Al Hoceima, in northern Morocco. The rapid growth of the water demand is contrasted by a climatic irregularity and crucial water quality degradation due to the multiplication of hazardous pollutants releases without prior remediation. Wherefore, the assessment of groundwater pollution vulnerability is used to guide and assist decision-makers for a sustainable management of the environment.

The aquifer is formed by detrital deposits (mainly sand and gravel) considerably thick (an average of 200 m) and sometimes clayey that fulfill tree tectonic depressions associated with the aperture of the Ghis-Nekor valley.

Groundwater pollution vulnerability assessment is established through a comparison between two methods widely recognized (AVI, and DRASTIC). This last shows good results (and it is recommended in our study case) since the vulnerability index is a function of the interaction between various parameters and it is principally governed by the thickness of the unsaturated zone and its permeability variation.

Thus, most of the Ghis-Nekor plain surface (78%) shows moderate to high pollution vulnerability. The pollution risk study indicates the existence of many potentially hazardous activities. This is proportional to the anthropogenic pressure which may generate an important socio-economic income but could cause the degradation of groundwater resources if environmental restrictions are not taken under consideration. Whence the need for immediate implementation of a sustainable management plan based on the restriction of hazardous activities, the restitution of the groundwater quality and the improvement of the environmental common sense.

Keywords: Vulnerability, sustainable management, aquifer, GIS.

1. Introduction

Groundwater resources play an important role in satisfying the demands on water along the Mediterranean coastal zone. For taking protective measures and incorporating them in land use planning processes, it is necessary for the decision makers to use vulnerability maps which are suitable and usable tools in assessing the vulnerability of the groundwater resources to pollution. Coastal Mediterranean groundwater, considered a precious and limited resource, plays an important role in the

supply of potable water. Demand for it increases particularly during the summer, the period associated with considerable tourist activity and that usually coincides with the lowest water supply levels. Thus, there is a huge discrepancy between the availability of this resource and the demand for it. Furthermore, in terms of this quantitative imbalance, groundwater is subject to considerable harmful impacts of human activities taking place on land above the aquifers, which may involve groundwater quality deterioration. These conditions make it necessary to pattern new strategies, such as the mapping groundwater vulnerability to contamination, to achieve sustainable management of this natural resource, protecting and preserving its quality and extending its usefulness.

In Morocco, the spatial and temporal irregularity of climatic conditions, the impact of successive dryness years and inundations periods and the increase of human activities in coastal zones (mainly during dry summer months) are factors that make water control a technical and economic requirement for the development of the country. Moreover, Moroccan policymakers should face a double challenge; ***i)*** to continue the effort of water resources mobilization under difficult technical and economic conditions and ***ii)*** to improve the performances of existing infrastructures and promote the efficient and effective use of these resources, in order to ensure a sustainable water management within an integrated and coherent water policy.

Within this scope, the main objective of the study presented in this paper is to develop an evaluation scheme for an important aquifer in order to assist decision makers for taking protective measures and incorporating them in land use planning processes.

2. Description of study area

The Ghis-Nekor aquifer is located in the Rif region (Northern Morocco) nearby the coastal city of Al Hoceima (Fig. 1). It consists on an alluvial plain expended over a hundred square kilometers. The alluvial plain is widely surrounded by non permeable schisto-sandy flyschs, except in the North-West (limestones) and in North-East where plio-quaternary vulcanites appears.

2.1. Climatological context

Northern Morocco is subjected to Mediterranean influences in the North, Atlantic in the West and continental in the East, and it is characterized by a variable and diversified arid to humid climate. In the Ghis-Nekor region, annual rainfall average surrounds 300 mm and it is marked by a spatial and temporal disparity despite of it common torrential character. Whereas, annual heat average is quite constant (18 ºC) while the variation between summer and winter heats are about 13 ºC, although they can sometimes exceed 20ºC.

The potential evapotranspiration values (calculated by several methods) indicate quite similar distribution with maxima in summer months and minima in winter (Salhi, 2008). After Linacre method, we calculate an important monthly potential evapotranspiration average that exceeds 140 mm. Furthermore, real evapotranspiration values vary between 0 and 4 mm a day and deficit period extends over about 9 and half months while overflow period take place during few days of December, January and February.



Figure 1: Geographic situation of the Ghis-Nekor plain

Climatic classifications indicate an arid Mediterranean climate dominated by wet moderate winters and hot dry summers. Moreover, precipitations of the summer months are very weak whereas those of the most rainy winter month are three times higher than those of the summer driest month (Salhi, 2008).

2.2. Hydrogeology

The Ghis-Nekor coastal alluvial plain overlay non permeable marl-clayey materials who overcome frequently non permeable schistous bedrock. Substratum depth increases gradually from 100 meters in the south, north-east and north-west borders toward the interior (Beni Bouayach town neighborhood). Since, the substratum slope becomes abrupt to reach more than 450 meters in the East near Imzouren town.

This substratum depression belongs to the tectonic collapse phase which gave place to the alluvial valley of Ghis-Nekor. Two other less important depressions are perceptible in the northern of the plain. The alluvial materials thickness oscillates between 5 and over 400 meters; thickness increases towards the center of the depressions where interesting hydrogeological sectors (likely to give place to exploitation boreholes) are revealed. This alluvial materials are covered by a non regular (1 to 50 meters) aquitard formed by silty-clayey alluvia (gravel and sand) crossed by various clayey-marly levels (Salhi, 2008).

Depth to the water table varies very lightly with seasons, although water levels are generally lower in summer than winter. Actually, piezometric map shows principal alimentation areas in the South, South-west, East and North-west representing the inflows of the river network. Further, piezometric evolution dismounts clearly a significant fall of the groundwater table especially after the construction of the Al Khattabi dam in 1981 (Salhi, 2008).

3. Vulnerability assessment

2.3. Description of DRASTIC and AVI models

The term vulnerability has been defined and used in the area of water resources, within the context of system performance evaluation. It refers to the sensitivity of groundwater quality to an imposed contaminant load which is determined by the intrinsic characteristics of the aquifer (Van Duijvenbooden et al., 1987), that are relatively static and mostly beyond human control. Thus, groundwater vulnerability maps are designed to show areas of greatest potential for groundwater contamination on the basis of hydrogeologic and anthropogenic factors. The maps are developed by using computer mapping hardware and software called a geographic information system (GIS) to combine data layers such as land use, soils, and depth to groundwater table.

There are many groundwater pollution vulnerability assessment systems. Among these models, DRASTIC index (Aller et *al*., 1987) is one of the parametric methods more known and applied, since it relates the parameters that directly become linked with the transport of polluting agents within water-bearing means. DRASTIC Index allows finding a numerical value for each point of the area of work by means of the following equation:

$$\text{Vulnerability index} = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

The parametric models like DRASTIC belong to the point count system model group in which every factor has not only its own rating (subscript $_R$ in the equation that range between 1 and 10 according to its importance in defining vulnerability) but also an additional weight ($_W$) to reduce or amplify its importance during the analysis. DRASTIC is named for the seven factors considered in the method: **D**epth to water (weight = 5), net **R**echarge (4), **A**quifer media (3), **S**oil media (2), **T**opography (1), **I**mpact of vadose zone media (5), and hydraulic **C**onductivity of the aquifer (3).

AVI index (Van Stempvoort et *al*. 1993) is one of the simplest methods, fast and easy to quantify the vulnerability, since so single it uses the hydraulic conductivity (k) and the thickness (d) of the layers of different material that are above the groundwater table. AVI does not use the principle of ratings and weights, but determines the average vulnerability index from the relation between the two parameters, according to the following equation:

$$C = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{k_i}$$

4. Results and Discussion

The final DRASTIC vulnerability thematic layer was generated by summing each DRASTIC thematic parameter. Each of these parameters has already been multiplied by its designated weight. The obtained index values range between 115 and 186; which allow three classification levels of vulnerability, from low to high. Figure 3 shows the final resulting vulnerability DRASTIC thematic map for the Ghis-Nekor aquifer. This map indicates that general potential for polluting groundwater is high in the coastal area near the two rivers (Ghis and Nekor) estuaries.

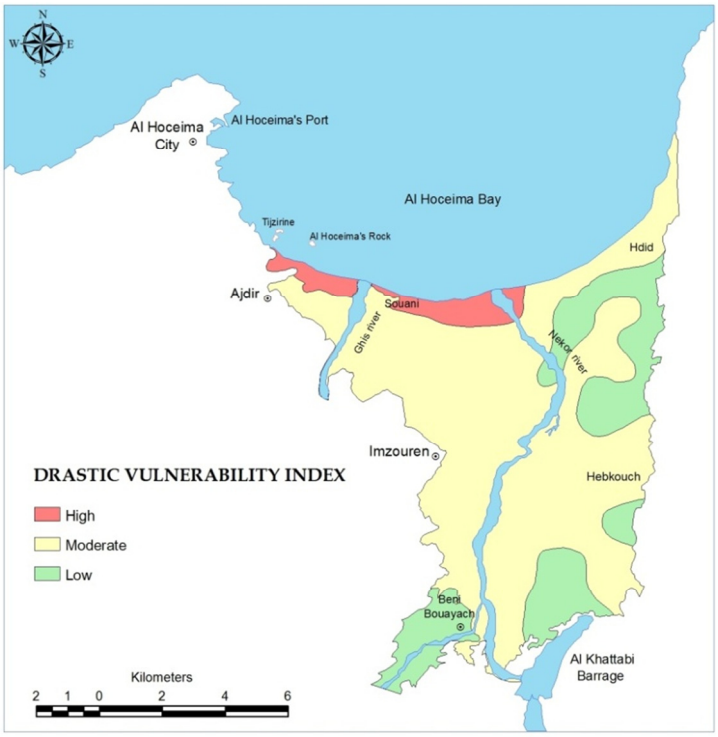


Figure 3: Intrinsic vulnerability map using DRASTIC (Salhi, 2008)

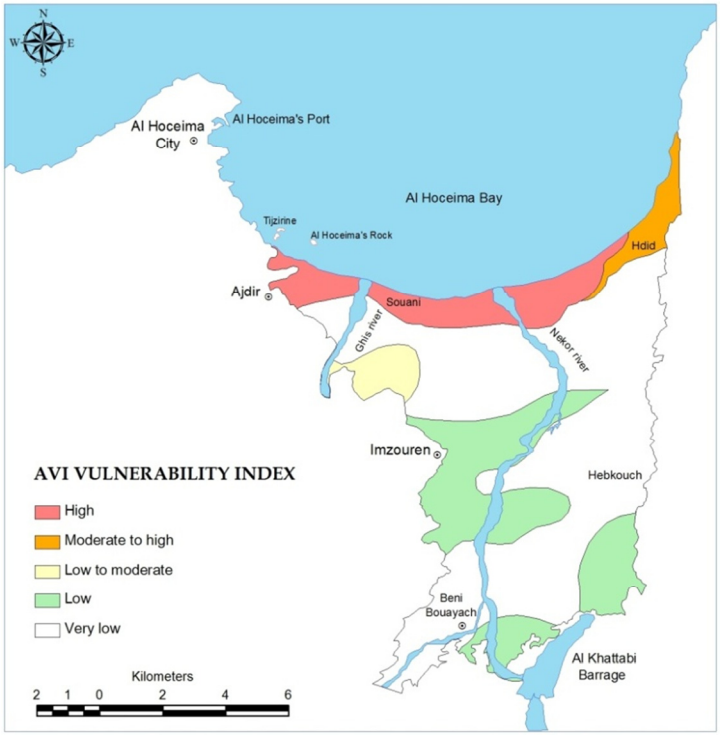


Figure 4: Intrinsic vulnerability map using AVI (Salhi, 2008)

The unsaturated zone in this area is characterized by the presence of alluvial fans mainly composed of unconsolidated gravels and sand. Moreover, the shallow depth to groundwater table may reduce attenuation capabilities of unsaturated zone which means an increase of vulnerability to pollution within this area. Elsewhere, DRASTIC index decreases progressively with the interaction of several

parameters to become low where groundwater table is deep and unsaturated zone is most likely clayey and loamy (low permeability).

Otherwise, vulnerability index according to AVI model shows a distribution upon five classification levels, from very low to high. Vulnerability classes, in this case, are not affected by climatic conditions since AVI model does not consider the net recharge.

Vulnerability map (Fig. 4) shows the major expansion of the low and very low classes which represents areas where the unsaturated zone is mostly characterized by clayey and loamy deposits and where its thickness exceeds 10 meters. Similarly to DRASTIC map, the coastal zone show high vulnerability due to the shallow depth of water table and the increase of hydraulic conductivity of unsaturated zone within this area.

5. Conclusions

Groundwater is inherently susceptible to contamination from anthropogenic activities and remediation is very difficult and expensive. Prevention of contamination is critical in effective groundwater management. In this paper, an attempt was made to assess aquifer vulnerability in the Moroccan aquifer of Ghis-Nekor.

The vulnerability of groundwater to contamination in the study area was assessed using the DRASTIC and AVI models combined with the geographic information system. The two models applied in this study highlight the special importance of the lithological characteristics of the unsaturated zone and soil texture for the purposes of vulnerability mapping. This consideration underlies the likeness of the high vulnerability class distribution shown in the coastal area by the two models. The degree of vulnerability reflected by the DRASTIC method is greatly influenced by the climatic conditions (net recharge). This effect is not observed for AVI model. The seven parameters that index DRASTIC takes in consideration could be said that they are almost sufficient to define the vulnerability. All the factors taken into account by DRASTIC may be judged as being dependent and inter-active variables. Thus, the interaction between the thematic maps of DRASTIC parameters may uphold and inspect the validity of the resulting vulnerability map.

The resulting DRASTIC vulnerability index indicates that groundwater resources in the Ghis-Nekor area are susceptible to pollution to a moderate to high degree as shown in Figure 3. The vulnerability map has a range from high vulnerability to pollution to low. The coastal zone of the study area is characterized by an elevated vulnerability which could be attributed to the shallow water depth (less than 5 meters below land surface) and a high permeability. In addition, the shallow aquifer in this area consists mainly of intercalations of gravel, sand, and silt deposits with shallow thickness. Furthermore, the aquifer materials are characterized by an important hydraulic conductivity. It was found that areas with moderate to high groundwater vulnerability to pollution are corresponds to the areas of high anthropogenic polluting activities. Whence the need for immediate implementation of a sustainable management plan based on the restriction of hazardous activities, the restitution of the groundwater quality and the improvement of the environmental common sense.

Acknowledgments

This work was carried out in cooperation between Abdelmalek Essaadi University and Barcelona University and it was made possible by the support of the Spanish Agency of International Cooperation for Development (AECID).

References

[1] L. Aller, T. Bennet, J.H. Lehr, R.J. Petty and G. Hackett (1987). DRASTIC: a standardised system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. United States Environmental Protection Agency Report 600/2-87/035. Washington, D.C. Ada, Oklahoma, 622 p.

[2] A. Salhi (2008). Géophysique, hydrogéologie et cartographie de la vulnérabilité et du risque de pollution de l'aquifère de Ghis-Nekor (Al Hoceima, Maroc). Thesis, Abdelmalek Essaadi University, Tetouan, Morocco. 269 p.

[3] W. Van Duijvenbooden and H.G. Van Waegeningh (1987). Vulnerability of Soil and Groundwater to Pollutants. Proceedings and Information No. 38 of the International Conference held in The Netherlands, in 1987, TNO Committee on Hydrological Research, Delft, The Netherlands.

[4] D. Van Stempvoort, L. Evert and L. Wassenaar (1993). Aquifer vulnerability index: a GIS-compatible method for groundwater vulnerability mapping. Canadian Water Resources Journal. Vol. 18, Nº1: 25-37.

Use of adsorption in batch reactor for the retention of Cu (II) on an agricultural material: orange peels

Khalfaoui Amel, Meniai Abdessalam Hassen, Derbal Kerroum

[1] Département de Chimie Industrielle, Université Mentouri Constantine, Route Ain El Bey, Algérie, khalfaoui_amel@yahoo.fr

Abstract. Several techniques were employed to remove certain soluble pollutants in the industrial effluents. Adsorption is the most one of these techniques, because of its great capacity to purify contaminated water. Activated carbon is the most adsorbent commonly employed but remains very expensive and requires a regeneration in more, which limits its use in the development countries. Then the research was directed towards processes of treatment using less expensive natural materials. In this context we are interested with the adsorption of a metal pollutant (Cu) by an agricultural waste which is: orange peels.

The effect of some experimental parameters such as the contact time, pH and the initial concentration were studied by adsorption in batch. The results showed that the retention of the metal ions of copper is very fast where equilibrium is reached at the end of 5 to 10 minutes. The study of the effect of pH showed that the rate of elimination of Cu (II) reached its maximum between pH 4 - 6. The isotherm of adsorption for Cu (II) was studied. For the selected initials concentrations experimental data are well interpreted by Freundlich model.

Linear regressions showed that the kinetics is controlled by kinetic pseudo second order model, which is clearly confirmed by the values of the factors of correlation corresponding to each model.

Keywords: Orange peel; adsorption; Kinetics; copper ion.

1. Introduction.

Once Traditional treatment techniques include coagulation/ precipitation, reverse osmosis, electrochemical techniques, and ion exchange [1]. These treatments are either inefficient in reaching the required levels or very expensive. Biosorption, the sorption of pollutants using biological material, has emerged as a cost-effective alternative to this problem, as it utilizes cheap or even waste materials to remove heavy metal ions.

Industrial uses of metals and other domestic processes (e.g. burning of fossil fuels, incineration of wastes, automobile exhausts, smelting processes and the use of sewage sludge as landfill material and fertiliser) have introduced substantial amounts of potentially toxic heavy metals into the atmosphere and into the aquatic and terrestrial environments. Several past disasters due to the contamination of heavy metals in aquatic streams are Minamata tragedy in Japan due to methyl mercury contamination and ‘‘Itai-Itai” due to contamination of cadmium in Jintsu river of Japan [2].

While many of the heavy metals are needed by plants at the micronutrient level, higher concentrations are known to produce a range of toxic effects. At high exposure levels, Lead causes encephalopathy, cognitive impairment, behavioural disturbances, kidney damage, anaemia and toxicity to the reproductive system [3]. Chromium is widely recognised to exert toxic effects in its hexavalent form [4]. Human exposure to Cr (VI) compounds is associated with a higher incidence of respiratory cancers [5]. Cadmium is associated with nephrotoxic effects particularly at high exposure levels; long-term exposure may cause bone damage as well [6].

Copper has been known as one of the most common toxic metals, which finds its way to the water stream from industries like electroplating, mining, electrical and electronics, iron and steel production, the non-ferrous metal industry, the printing and photographic industries and metalworking and finishing processes [7]. As with other heavy metals, copper in traces is necessary for life processes. However, with higher concentrations of this element in the environment and the consequent increase in human intake, copper concentrations have reached toxic levels causing various diseases and disorders such as liver damage, Wilson disease and insomnia [8]. Excessive copper concentrations can lead to weakness, lethargy and anorexia, as well as damage to the gastrointestinal tract [9].

In recent years, there has been considerable interest in the use of biological materials, including algae, bacteria, fungi, agricultural by-products and residues as adsorbents to remove toxic metals from aqueous solution by adsorption [10]. However, the direct use of the untreated plant wastes as adsorbents can also bring several problems such as high chemical oxygen demand (COD) and biological chemical demand (BOD) as well as total organic carbon (TOC) due to release of soluble organic compounds such as lignin, tannin, pectin and cellulose into the solution contained in the plant materials[11];[12].

Agriculture and forestry have been generating large quantities of various biomass wastes and some of them contain various natural materials with interesting functional groups, such as carboxyl, hydroxy, amino, amidocyanogen and so on. Orange peel is one of the valuable biomass wastes. Of the world total citrus fruits production, orange makes up 75%. The large quantity of orange peel accounts for the feasibility of choosing it as raw material in this paper.

Orange peel principally consists of cellulose, hemi-cellulose, pectin substances, chlorophyll pigments and other low molecular weight compounds like limonene. [13]. Although the rate and capacity for biosorption of copper by orange waste has been extensively studied, the binding mechanism is still unclear.

The aim of this work is to study the biosorption capacity of orange peel for the retention of Cu (II) ions from aqueous solutions. The effects of contact time, initial concentration of metal ions and pH on the biosorption of Cu (II) ions were investigated. Finally, Adsorption isotherms and kinetics were investigated and different adsorption models were used to evaluate the experimental data and to elucidate the possible adsorption mechanism.

2. Method and materials.

2.1. The absorbent.

Orange peels were washed three times with distilled water to eliminate the impurities, then, it was cut into small pieces and naturally dried in sunlight. In order to eliminate de humidity and facilitate crushing, the peels were heat in an oven at 105°C. This is followed by a crushing and sieving to recover the particles of about 0.315mm in diameter. Then it was Preserve in dissector.

2.2. Solutions.

All products used are recognized analytical quality (PRS Panreac and PRS Chiminova). Cu (II) stock solution (mother solution) was prepared from an analytical grade sulfate salt, copper sulfate en hydrate ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$), in a concentration of 1g/L. In the preparation of the aqueous solution of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, distilled water was used. The studied solutions are synthesized by successive dilutions of the mother solution until obtaining the desired concentrations. The pH of the solutions is adjusted with nitric acid HNO3 0.1N (or 1 N) and the caustic soda NaOH 0.1N (or 1 N). The pH values of the aqueous solution were measured with a pHM210 model acidity meter (Standard pH-mètre, MeterLab).

2.3. The sorption experimental.

The adsorption is carried out in a batch reactor, consisting on preparing copper (II) aqueous solutions of desired concentrations in a 100 ml beaker. The pH of the solution is maintained constant 5.33, with desired quantities of the solid support. The resulting suspension from the mixture is agitated with a speed 600 rpm during 120 minutes at room temperature of 20±2°C. Filtration is carried out through Millipore 0.2µm of diameter. The analysis of the filtrate is carried out by atomic absorption.

2.4. Data evaluation.

From the metal concentrations measured before and after the adsorption (C_0 and Ce, mg L^{-1}, rspectively) and dry weight of sorbent (m, g), as well as volume of aqueous solution (V, L), the uptake capacity of copper ion (q, mg. g^{-1}) was calculated according to Eqs. (1).

$$q = \frac{(C_0 - C_e)\,V}{m} \tag{1}$$

Where C_0 and C_e (mg/L) are the initial and the equilibrium liquid-phase concentrations of the metal cation, respectively, V (L) is the volume of the solution and m (g) is the mass of the adsorbent used.

2.5. Kinetic modelling.

Though the Lagergren model may not reflect the true nature of sorption kinetics, it was employed here due to its simplicity and good fit. Two different kinetic models were used to model the experimental data of Cu^{2+} biosorption by pectin peels. The pseudo-first-order Lagergren model is expressed as:

$$\frac{dq}{dt} = K_1 (q_e - q_t) \tag{2}$$

where q_e (mg/g) and q_t are the amounts of adsorbed metal ions on the biosorbent at the equilibrium and at any time t, respectively; and k_1 is the Lagergren rate constant of the first-order biosorption (min^{-1}). The model is based on the assumption that the rate is proportional to the number of free sites. Integrating Eq. (3) between the limits, $t = 0$ to $t = t$ and $q = 0$to $q = q_t$ yields the linearized version of this model:

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \tag{3}$$

Linear plots of $ln(q_e - q_t)$ versus t were plotted to evaluate this kinetic model and to determine rate constant and q_e from the slope and intercept, respectively. The pseudo-second-order model is based on the assumption that biosorption follows a second-order mechanism, whereby the rate of sorption is proportional to the square of the number of unoccupied sites:

$$\frac{dq_t}{dt} = K_2.(q_e - q_t)^2 \quad (4)$$

where k_2 is the rate constant of second-order biosorption (g/mg.min). Integrating Eq. (5) from $t= 0$ to $t = t$ and $q =0$ to $q = q$ and linearization yields:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} \cdot \frac{t}{q_e} \quad (5)$$

The parameters q_e and k_2 are calculated from the slope and the intercept of the plot t/q versus t. It is not necessary to independently determine q_e to apply this model.

2.6. Isotherm modeling.

Due to their simplicity, the Langmuir and Freundlich equations are the most widely used models to describe the relationship between equilibrium metal uptake q_e and final concentrations C_e at equilibrium. The Langmuir parameters can be determined from a linearized form (Eq 6).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K.q_{max}} + \frac{C_e}{q_{max}} \quad (6)$$

The Freundlich equation can be linearized in logarithmic form (Eq 7):

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (7)$$

where K_f and n are the Freundlich constants and are related to the adsorption capacity of the biosorbent and the adsorption intensity.

3. Results and discussion.

3.1. The effect of contact time.

Figure 1 show the effect of contact time on the removal of copper by orange peels. The shape of the curve is typical of saturation curve with a light qualitative and quantitative difference.

We can illustrate that the adsorption of Cu^{2+} was very fast during the first ten minutes. After this time, this adsorption is slowly decreased, because the rate of adsorption has a light change (the stage of equilibrium). Initially, the sites of adsorption are vacant and the metal ions occupy them easily, consequently, we observe a higher rate of adsorption. However, after the initial period, slow adsorption can be due to a slower diffusion of dissolved species through the pores of the adsorbent [14].

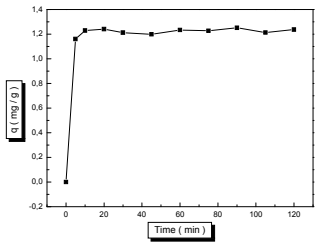


Fig. 1 The effect of contact time on the retention of Cu (II), C_0=20mg/l, T= 20±2°C, agitation speed =600 rpm, r = 10, pH = 5.33 ; d = 0.315mm

3.2. The effect of initial pH.

According to figure (2), we see that the capacity of copper (II) elimination increases with the increasing of initial pH (2 to 10). By comparative of the saturation curves, we find that at pH 2 the capacity of adsorption is minimal (1.16mg/g), on the other hand, increasing the pH (4, 6, 8, 10) cause a slight variation of the capacity between these values of pH (1.39, 1.40, 1.50, 1.51 mg/g) respectively.

This can be explained that at low values of the initial pH, the surface of the adsorbent would be also surrounded by ions H^+, the case were decreases the copper interaction with the sites of the adsorbent. Thus reduction in the rate of adsorption at low values of the pH can be due to the highest concentration and the mobility of the ions H^+ [15].

Increasing at pH, the total surface of the adsorbent became negative, and sorption increased. In the range of pH 4 and 6, below this values of pH, copper hydroxide chemical precipitation occurs, which has been estimated as pH > 6.3 for $Cu(OH)_2(s)$., what makes the study of phenomenon of adsorption impossible. Consequently, at these values of the pH, adsorption and precipitation would be the both mechanisms responsible for the elimination of copper (II) in the solutions.

In an interval of pH 8-10, the rate of elimination of Cu (II) is remarkable, it reaches its maximum of 1.51 mg/g at pH 10, this increase is the result not only of adsorption phenomenon but also the processes of precipitation and complexation of the cations was intervene. At high values of the pH, low number of the ions H^+ and the great number of ligands with negative charges, generate a good sorption of copper. For example, carboxylic groups (–COOH) are the significant groups for the retention of metal by biological materials [16]. At pH higher than 4, the carboxylic groups have negative charges. However, the optimum pH was found for the adsorption of Cu^{2+} is 5.0, and the experiments were carried out around this value of pH.

3.3. Effect of initial concentration.

Figure 3 shows the influence of the initial concentration on the orange peels retention capacity of copper cations. Different initial concentrations of Cu (II) ranging from 5 to 100mg/L. mg/l, at 20±2°C, were considered. It is clear from Figure (3) that the adsorbed amount increased with the initial concentration of Cu (II) in the aqueous phase for a constant solid support (orange peels) to liquid (water) ratio r of 10 g/l. When the initial copper concentration was increased from 5 to 100 mg/l, the sorption uptake of orange peels increased also. A higher initial concentration provides an important driving force to overcome all resistances of metal ions between aqueous and solid phases, thus increasing the uptake. In addition, increasing the initial ions concentrations of Cu (II) increases the number of collisions between the metal ions and the adsorbent, hence enhancing the adsorption process.

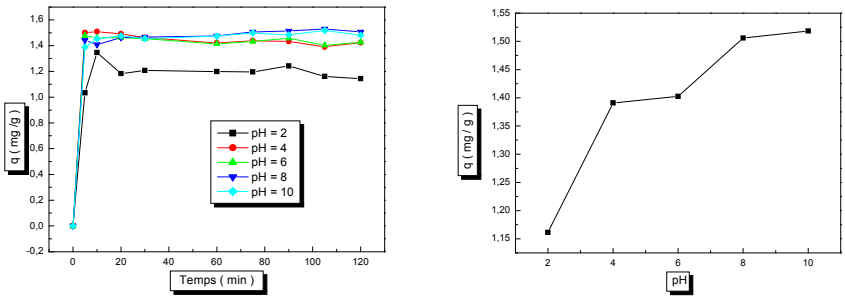


Fig.2 Effect of the initial pH on the capacity of adsorption of Cu (II) on orange peels, C_0= 20 mg/l, T= 20±2°C, agitation speed = 600 rpm, r = 10, d = 0.315mm

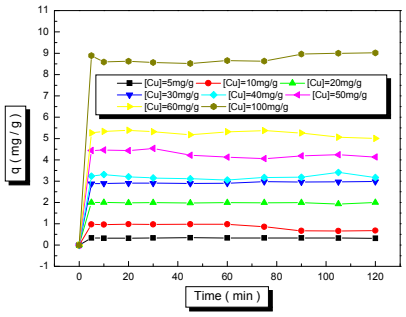


Fig. 3 The effect of the initial ions concentrations on the retention of Cu (II), agitation speed = 600 rpm, r = 10 g/l, pH = 5.33, T = 20±2°C, d =0.315mm

3.3. Adsorption kinetics.

Figures 4a & b show that the adsorption process follows best the pseudo-second order kinetic model, as indicated by the correlation factor values of Table 1, suggesting a chemical sorption of Cu (II) on the orange peels. The obtained kinetic rate constant for both models are also presented in Table 1.

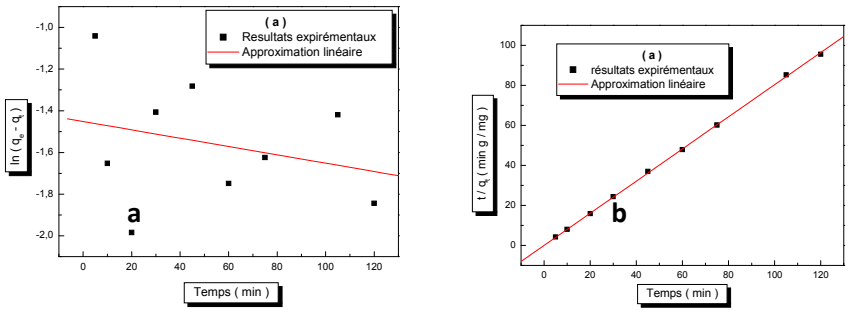


Fig.4 Kinetics of the ions Cu (II) retention onto orange peel a) test of first order; (b) test of second order

Models	**First order kinetic**		**Second order kinetic**	
	K_1 (min^{-1})	**R**	**K_2(g/mg.min)**	**R**
	-0,0046	-0,2785	3,99267	0,99987

Table 1. The kinetics constants of the 1er and 2nd order

4. Conclusions.

In this work we could obtain order Kinetic coefficient of different parameters with an experimental study, and in the other hand a thermodynamic parameters. The Ion exchange is a reversible chemical reaction wherein an ion (an atom or molecule that has lost or gained an electron and thus acquired an electrical charge) from solution is exchanged for a similarly charged ion attached to an immobile solid particle.

Through this experimental study, it is demonstrated that orange peels can be used as a greatly available, a no cost and a performing adsorbent for removal of copper cations from aqueous solution.

As a perspective, the application of orange peels can be extended to heavy metals industrial wastewaters treatment.

References

[1] Ankit Balaria, Silke Schiewer, "Assessment of biosorption mechanism for Pb binding by citrus pectin", Separation and Purification Technology, 2008, 63, 577–581.

[2] Kjellstrom, T., Shiroishi, K., Erwin, P.E., "Urinary beta./sub 2/- microglobulin excretion among people exposed to cadmium in the general environment", Environ. Res., 1977, 13, 318–344.

[3] Pagliuca, A., Mufti, G.J., "Lead Poisoning: an age-old problem", British Medical Journal, 1990, 300- 830.

[4] Rowbotham, A.L., Levy, L.S., Shuker, L.K., "Chromium in the environment:an evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects", Journal of Toxicology and Environmental Health, 2000, B3, 145–178.

[5] IARC, "Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, Chromium, Nickel and Welding", International Agency for Research on Cancer, Lyon, 1990, Vol. 49.

[6] Friberg, L.I., "Rationale of biological monitoring of chemicals – with special reference to metals", American Industrial Hygiene Association Journal, 1985, 46 (11), 633–642.

[7] M. Mukhopadhyay, S.B. Noronha, G.K. Suraishkumar, "Kinetic modelling for the bioadsorption of copper by pretreated *Aspergillus niger* biomass", Bioresour. Technol., 2007, 98, 1781–1787.

[8] T.A. Kurniawan, G.Y.S. Chan, W. Lo, S. Babel, "Comparisons of low-cost adsorbents for treating wastewaters laden with heavy metals", Sci. Total Environ., 2006, 366, 409–426.

[9] Theophanides, T. Anastassopoulou, J., "Copper and carcinogenesis, critical reviews". Oncology/Haematology, 2002, 42 (1), 57–64.

[10] FENG Ning-chuan, GUO Xue-yi, LIANG Sha, "Kinetic and thermodynamic studies on biosorption of Cu(II) by chemically modified orange peel", Trans. Nonferrous met. Soc., 2009, China 19, 1365-1370.

[11] Ningchuan Fenga,b, Xueyi Guoa, Sha Lianga, "Adsorption study of copper (II) by chemically modified orange peel", Journal of Hazardous Materials, 2009, 164, 1286–1292.

[12] W.S. Wan Ngah *, M.A.K.M. Hanafiah, "Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review", Bioresource Technology, 2008, 99 3935–3948.

[13] Xiaomin Li a,b, Yanru Tang c, Zhexian Xuana, Yinghui Liu a, Fang Luoa, "Study on the preparation of orange peel cellulose adsorbents and biosorption of Cd^{2+} from aqueous solution", Separation and Purification Technology, 2007, 55, 69–75.

[14] B.M.W.P.K. Amarasinghe, R.A. Williams, "Tea waste as a low cost adsorbent for the removal of Cu and Pb from wastewater", Chem. Eng. J., 2007, 132, 299–309.

[15] A.B. P´erez-Mar´ın, V. Meseguer Zapata, J.F. Ortu˜no, M. Aguilar, J. S´aez, M. Llor´ens "Removal of cadmium from aqueous solutions by adsorption onto orange waste", Journal of Hazardous Materials, 2007, B139, 122–131.

[16] L. Norton, K. Baskaran, T. McKenzie, "Biosorption of zinc from aqueous solutions using biosolids", Adv. Environ. Res., 2004, 8, 629–635.

Assessment of spatial and temporal variations of water quality parameters of Oued El Gourzi for suitability to irrigation uses

L. Tamrabet[1], H. Bouzerzour[2], M. Kribaa[1], D. Goléa[3]

[1] RNAMS Laboratory, LBM University, Oum El Bouaghi (04000), Algeria
[2]Biology Department, Faculty of Sciences, FA University, Setif (19000), Algeria
[3] Chemistry Department, LBM University, Oum El Bouaghi (04000), Algeria
Tel/Fax: (213) 32429039, e-mail: ltamrabet@yahoo.ca

Abstract. The high plateaus of Algeria, with an average rainfall of less than 400 mm, are an area that suffers critically from a shortage of water resources.The city of Batna (NEastern Algeria), an urban area, releases high amount of partially treated and untreated sewage to the Oued El Gourzi. An average amount of 11 x 106 m3 of treated and untreated sewage is discharged annually into this river, which is the main water source for the downstream agricultural sector. The aim of the present study was to assess, in dry and wet seasons, the water quality flowing into Oued El Gourzi (Batna, NEastern Algeria) for suitability to irrigation uses. Water sampling sites include locations of the main effluent discharges (E1, E2 and E3) as well as the points where El Gourzi effluents were supplied for irrigation purposes (E4, E5, E6 and E7). The distance from the first sampling site and the last one is about 25 km. Water was sampled from January to June 2006 on four sampling periods (S1= January 9th, S2= March 1st, S3= April 17th and S4= June 2nd). Standard procedures were followed for the water physicochemical and bacteriological analyses (temperature, pH, electric conductivity, salinity, dissolved oxygen, BOD, COD, suspended solids, turbidity, nitrate, ammonium, orthophosphate, chloride, alkalinity, Calcium, magnesium, sodium, hardness and total coliforms, fecal coliforms, fecal streptococcus, salmonella and vibrio cholerae). The results showed that the El Gourzi water exhibited high levels of suspended solids, BOD, nitrate, ammonium, phosphorus and fecal contamination which present a threat to waters, soil and aquatic organisms of the receiving environment. Almost all the water variables concentrations increased toward the main effluents discharge in the El Gourzi stream (E1 and E2) and were higher in dry periods. US Laboratory Salinity Staff diagram classifies El Gourzi waters as C3S1 – C3S2 and C4S1 - C4S2 in wet and dry periods respectively. Wilcox diagram reveals that El Gourzi waters are of permissible and doubtful to unsuitable types in wet and dry periods respectively. To reduce the risk of adverse impacts, special management of salinity control and selection of plants with good salt-tolerance should be considered.

Keywords: semi arid; wastewater contamination; pollution; irrigation; plants.

1. Introduction.

The ever-growing demands for water resources coupled with the rate at which much of the fresh water is being adversely affected by human activities, demonstrates a future developing crisis if environmental water resources are not appropriately managed [1]. The high plateaus of Algeria, with

an average rainfall of less than 400 mm, are an area that suffers critically from a shortage of water resources. Attention is being directed toward protecting the impoverished water resources for the sustainability of the economic development of this region which has high agricultural and industrial potentials [2]. Wastewater contains a large variety of wastes of domestic and industrial origins. The quality of such water is not always suitable to irrigate crop because of presence of many toxic chemicals [3]. More attention is being given to wastewaters as they acted as pollutants and contributed substantially to the destruction of the aquatic and terrestrial ecosystems [4].Vegetables grown under irrigation with wastewaters contain many heavy metals, causing serious health hazards to both community and animals [5].This concern is of special importance, where untreated sewage is applied for longer periods to grow crops and vegetables in urban lands. Du Preez et al., [6] mentioned that the Vaal River water quality, in South Africa, has deteriorated over the past 20 years because most of the wastewater of the surrounding densely populated cities was untreated and ended up in this river.

Historically, the Batna- Fisdis region is predominantly agricultural, but the last four decades witnessed a rapid increase in urban and industrial implantations at the expense of agriculture. The resulting growing anthropogenic activities, industrialization, farming and urban untreated discharges ended up in Oued El Gourzi which represents the principal sewage and runoff collector. The hydrological regime of Oued El Gourzi is very irregular and tightly linked to the precipitations. In summer, it carries solely domestic and industrial effluents and in wet seasons, it witnesses violent rise in water level followed by accelerated soil erosion of its basin [7]. Eleven millions m3 of treated and untreated sewage, coming from the city of Batna, are discharged annually into Oued El Gourzi, which represents the main water source for the downstream agricultural sector of the Batna- Fisdis region [8].

The Batna-Fisdis region has witnessed an important development in the agricultural sector, particularly after the introduction of wastewater irrigation. The present total area receiving wastewater, picked up from this river, for irrigation purpose exceeded 1073 ha. Crops irrigated with wastewater are vegetables, forage and cereals. El Gourzi effluents constitute for farmers an interesting alternative not only by their availability but also by their positive effects on crops and livestock productivity. In the long run, wastewater use could affect negatively groundwater, soils and crops quality, with adverse impacts on consumer's health. In this context, the present study was conducted with the objective to investigate the temporal and spatial variation of the water quality parameters of El Gourzi watershed for suitability for irrigation uses.

2. Materials and methods.

2.1. Site description.

The study was carried out in the region of Batna-Fisdis (Figure 1), located in the north eastern part of Algeria (6°15'E, 35°36'N, 850 m asl). This region is characterized by a semi-arid climate, with mean monthly temperatures ranging from 6.6°C in the winter to 25.1°C in the summer. Annual precipitation, occurring mostly in winter, averaged 221.2 mm [9]. The soils of the region are silty-clay, with high calcareous content [8]. Oued El Gourzi and its basin encompass many towns among which the major urban complex of the city of Batna with about 350000 inhabitants.

2.2. Sampling procedures and analyses.

A short term field survey of Oued El Gourzi was carried out in order to locate the important sources of pollution. Water sampling sites include locations of the main effluent discharges, hereafter coded as E1, E2, E3, E4 and E5 as well as the points where El Gourzi effluents were supplied for irrigation purposes, E4, E5, E6 and E7 (Figure 1). The distance from the first sampling site and the least one is

about 15 km. Water was sampled from January to June 2006 on four unequally spaced sampling periods (S1= January 9th, S2= March 1st, S3= April 17th and S4= June 2nd). Water samples were collected in triplicate. The midstream surface water samples were collected using acid-washed, wide-mouth polyethylene plastic bottles. The samples were kept in a cool place over ice and transported to the laboratory for analysis. The selected parameters for the estimation of surface water quality characteristics were: temperature (T), pH, electrical conductivity (EC), Total suspended solids (TSS), Turbidity (Trb), Dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD5), chemical oxygen demand (COD), hardness (Hrd), alkalinity (alk), chloride (Cl-), nitrate (NO3-), ammonium (NH4+), orthophosphate (PO4-3), sulphate (SO4-2), calcium (Ca+2), magnesium (Mg+2), potassium (K+), sodium (Na+), total coliforms (TC), fecal coliforms (FC) and fecal streptococcus (FS). Standard procedures were followed for the collection and analysis of water samples [10].

To evaluate the water quality for irrigation purposes, sodium adsorption ratio (SAR), sodium percentage (Na%) and residual sodium carbonates (RSC) values of the effluents were calculated using, respectively, the following equations [11; 12]:

$$SAR\ (meq/l)0.5 = Na+ .[(Ca2+ + Mg2+)-1/2/2]-1$$
$$Na+\ (\%) = 100(Na+ + K+).[(\ Ca2+ + Mg2+ + Na+ + K+)-1]$$
$$RSC\ (meq/l) = (HCO3- + CO32-) – (Ca2+ + Mg2+)$$

where Ca2+, Mg2+, Na+, K+, HCO3-, CO32- are expressed in meq.l-1.

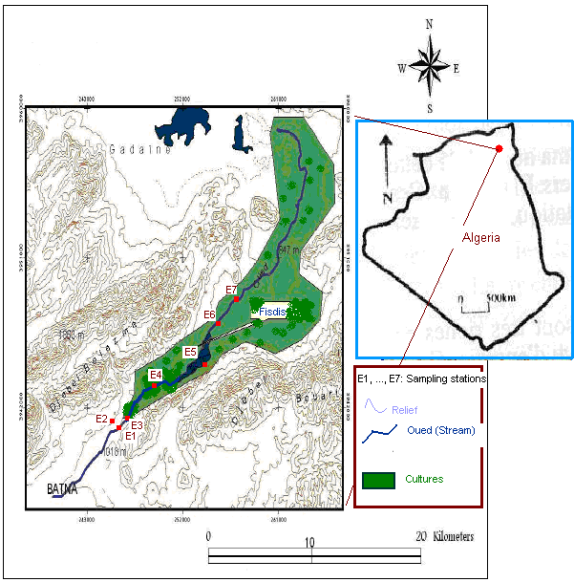


Fig. 1 Map of the study area showing the sampling sites.

2.3. Data analysis.

A principal component analysis (PCA), a multivariate technique, was done to summarize the general trend in the variation of measured parameters. Statistical data analysis was performed using XLSTAT software program [13]..

3. Results and discussions.

3.1. Typology of El Gourzi water quality.

About 75.85% of the total variance was explained by the first two principal components. The PCA1 expressed an opposition between DO on one hand and Trb, Alk and NH4+ on the other hand. The PCA2 was related positively to the PO4-3 (Figure 2). PCA1 represented the oxygenation gradient or the degree of water purity while PCA2 brought information about the degree of water contamination. This phenomenon is better highlighted, along the PCA1, by the water quality at the inlet and the outlet of the city's treatment plant. This situation is differentiated, during the second and the third sampling periods, by the increasing pollution as a result of low stream flow. However, during the fourth sampling period, the increase in stream flow leads to a substantial dilution of contaminants and to more oxygen dissolution in water. Sites positioning, on both sides of the PCA2 axis, shows the existence of two opposed major groups (Figure 3). The first group consists of E3 which represents the outlet of the treatment plant, the station located on the positive side of the PCA1 axis and which indicates enrichment in dissolved oxygen. The outlet of the city's waste water treatment plant is differed from the other sampling sites by high values of dissolved oxygen, suggesting high reduction of organic load through activated sludge treatment. The second group includes the stations E1 and E2 which differed from the other sampling sites by their high levels of mineralization and turbidity.

Stations located downstream the wastewater treatment plant (WWTP) form a transition zone (E4, E5, E6 and E7) which is intermediate between water types in E3 and in (E1, E2). The water chemistry in this zone results largely from mixing of well oxygenated, treated wastewater with raw and partially treated wastewater, with minor changes along the stream due to additional discharges or to environmental conditions. Nevertheless, the samples taken far from the main sites of discharge (E1 and E2) showed an improvement in water quality characteristics.

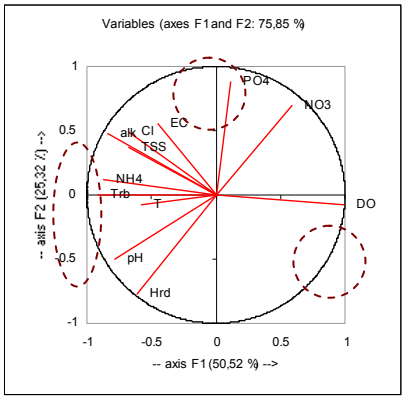


Fig. 2. Plot of the 1st and 2nd principal components for the physicochemical measured variables

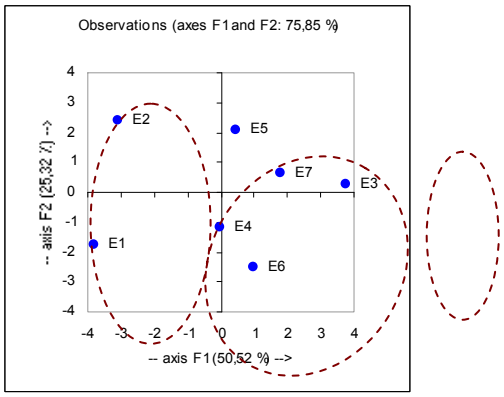


Fig. 3. Plot of the 1st and 2nd principal components for the sites x sampling periods data

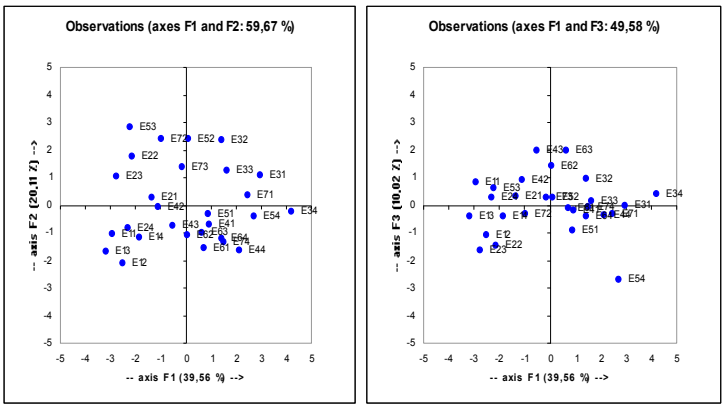
Water quality varied also according to the sampling seasons which showed the following increasing pattern water pollution: S2 > S3 > S1 > S4 (Figure 4).

Water DO is significantly correlated with Trb (r = -0.89), NH4+ (r = -0.91) and Alk (r = -0.88) (Table 1). The parameters, negatively correlated with the water DO, contribute to the water pollution. Measurements of alkalinity in polluted water consist largely of measurement of HCO3- [14].

Table 1. Correlation matrix of the measured variables

	T	pH	EC	DO	TSS	Trb	NO3	NH4	PO4	Cl	alk	Hrd
T	1	0.193	**0.787**	-0.505	0.341	0.269	-0.461	0.600	-0.429	0.221	0.300	0.366
pH	0.193	1	-0.187	-0.753	0.414	**0.849**	**-0.770**	0.561	-0.384	0.302	0.476	**0.878**
EC	**0.787**	-0.187	1	-0.425	0.489	0.186	0.065	0.533	0.171	0.453	0.510	-0.203
DO	-0.505	-0.753	-0.425	1	-0.652	**-0.898**	0.486	**-0.919**	0.012	-0.712	**-0.881**	-0.564
TSS	0.341	0.414	0.489	-0.652	1	**0.780**	-0.214	0.434	0.333	0.390	0.680	0.069
Trb	0.269	**0.849**	0.186	**-0.898**	**0.780**	1	-0.504	0.682	0.012	0.570	**0.808**	0.546
NO3	-0.461	**-0.770**	0.065	0.486	-0.214	-0.504	1	-0.304	0.644	-0.109	-0.128	**-0.856**
NH4	0.600	0.561	0.533	**-0.919**	0.434	0.682	-0.304	1	-0.068	0.640	**0.788**	0.500
PO4	-0.429	-0.384	0.171	0.012	0.333	0.012	0.644	-0.068	1	0.354	0.357	-0.731
Cl	0.221	0.302	0.453	-0.712	0.390	0.570	-0.109	0.640	0.354	1	**0.900**	0.048
alk	0.300	0.476	0.510	**-0.881**	0.680	**0.808**	-0.128	**0.788**	0.357	**0.900**	1	0.154
Hrd	0.366	**0.878**	-0.203	-0.564	0.069	0.546	**-0.856**	0.500	-0.731	0.048	0.154	1

In bold, significant values (except diagonal) at the level of significance alpha=0,050 (two-tailed test)



E_{12}: Site 1 at the 2nd sampling period

Fig. 4. Plots of the 1st and 2nd (left) and the 1st and the 3rd (right) principal components for the sites x sampling periods data

Cornaz [14] indicates that the bicarbonate represents an approximate indicator of the total mineralization. The increase in water mineralization becomes a limiting factor of oxygen dissolution in water, particularly when the water temperature is high, the microorganism metabolism is accelerated which generates increasing needs in oxygen.

3.2. Suitability of El Gourzi to irrigation use

The suitability of water for irrigation is dependent on the effects of its mineral constituents on both soil and plant [15]. The criteria that were used to evaluate the quality of the El Gourzi water for use in irrigation are: salinity of the irrigation water for salt buildup in soil and its adverse effects on plant growth [16]. On the other hand, sodium adsorption ratio (SAR) for its effect on the physical properties of soil and sodium percentage (Na%) for its effects on the final soil water SAR value with loss or gain of Ca and Mg values [16].

On this basis El Gourzi waters fit within the limits of 0 to 2000 mg l-1 for salinity and 0 to 3.0 mS.cm-1 for EC, and so permissible for irrigation with slight to moderate effect on crops (Table 2) [17; 18]. On the other hand, when rating the irrigation water in relation to both salinity and sodium hazard (SAR), the US salinity diagram demonstrates that these stations water fall in C3S1 - C3S2 and C4S1 - C4S2 categories in high and low flow periods respectively (Table 3) [19].

The irrigation water, falling within this category, reflects high salinity and low sodium water, hence does not present any sodicity problems, but has to be used carefully for the irrigation of tolerant crops [21].

The results showed that the sodium percentage (Na%) of the irrigation water at the stations (E4, E5, E6 and E7) ranged from 37.50% to 53.08% (Table2). Hence, according to Wilcox diagram results (Table 3), the irrigation water at all these stations ranges from good to doubtful categories during high flow and falls in doubtful to unsuitable category during low flow period [21]. This means that when sodium concentration is high in the irrigation water, sodium tends to be absorbed by clay particles, displacing calcium and magnesium ions, reducing thus soil permeability and its drainage characteristics [11; 12].

Table 2. EC, SAR, Na% and RSC variation of El Gourzi waters at the points of use for irrigation

Parameters	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
EC_h (at high flow period) (mS/cm)	2,25	2,51	2,23	2,07	1,94	1,95	1,87
EC_b (at low flow Period) (mS/cm)	2,32	2,64	2,75	2,56	2,44	2,12	2,20
SAR (méq.l^{-1})$^{0.5}$	6,53	3,34	3,53	3,42	5,72	6,96	6,40
Na% (%)	53,08	37,51	39,37	37,79	50,21	50,10	45,91
RSC (meq.l^{-1})	-7,33	-19,81	-6,82	-8,32	-8,15	-6,80	-8,84

When total carbonate levels exceed the total amount of calcium and magnesium, the water quality diminished. This excess is evaluated by the Residual Sodium Carbonate (RSC). A RSC < 1.25 meq.l-1 is safe for irrigation [19]. In the present study, at the irrigation sites, the recorded RSC values ranged from -8.83 to -6.80 meq l-1 (Table 2). All the samples had negative RSC values, which indicated that El Gourzi water is of safe quality for irrigation purposes, as far as this parameter is concerned. According to Tiwari and Manzour [22], negative RSC values are indicative of no complete precipitation of calcium and magnesium.

Table3. Results interpretation of USSL and Wilcox diagrams

Period	Station	EC class.	SAR Class.	USSL Class.	Wilcox Class.
High flow	E_{4h}	High	Low	C_3S_1	Doubtful To Unsuitable
	E_{5h}	High	Low	C_3S_1	Permissible To Doubtful
	E_{6h}	High	Low	C_3S_2	Permissible To Doubtful
	E_{7h}	High	Low	C_3S_2	Good To Permissible
Low flow	E_{4b}	Very High	Low	C_4S_1	Doubtful To Unsuitable
	E_{5b}	Very High	Medium	C_4S_2	Doubtful To Unsuitable
	E_{6b}	Very High	Medium	C_4S_2	Doubtful To Unsuitable
	E_{7b}	Very High	Medium	C_4S_2	Doubtful To Unsuitable

E_{4h}–E_{7h}= Water sampling Sites along the Oued El Gourzi course during periods of high flow

E_{4b}–E_{7b}= Water sampling Sites along the Oued El Gourzi course during periods of low flow

Chloride is an anion that undergoes little absorption and is highly mobile and soluble. It tends to accumulate in tissues, particularly leaves, of some plants to toxic levels. The chloride concentration of the El Gourzi water ranged from 199.8 mg.l-1 to 548.3 mg.l-1 during summer sampling. These results indicated that chloride concentrations in are higher than the allowed limit of 355.0 mg l-1, but these waters are still suitable for irrigation of medium to high salt tolerant crops [17; 18].

Waters, carried by Oued El Gourzi, are mostly of sewage and industrial effluents types. El Gourzi bacteriological analyses revealed the presence of fecal contaminants and the absence of the pathogenic organisms such as salmonella and vibrio cholera. In fact, the mean fecal coliform loads varied from 0.7 x 104 to 2.74 x 104 unit 100 ml-1 at E7 and E4, respectively. The bacteriological quality of the wastewater used for intensive irrigation of crops, such as lettuce and raw eaten vegetables, is 1000 FC/100ml [17, 23]. This criterion can vary with respect to the type of use of the wastewater.

According to Blumenthal et al., [23], it is recommended to adopt realistic guidelines, which are very strict for the elimination of the helminth eggs but flexible for the authorized bacterial concentration. Based on the obtained bacteriological results, the sanitary quality of the El Gourzi effluents is far from being acceptable for unrestricted irrigation.

4. Conclusions.

The study showed that the level of pollution generally decreases from upstream to downstream of Oued El Gourzi and is more pronounced in dry conditions. Results of the different analyses on the water measured parameters revealed that the major water pollution threats in the Fisdis region were predominately due to urban effluent discharges in the El Gourzi basin. Therefore to improve water quality, priority should be given to integrated collection and adequate treatment of effluents.

The level of suitability of the El Gourzi water for irrigation ranges, generally, from doubtful unsuitable. However, the quality of the water that is doubtful or unsuitable for irrigation may be improved based on: on one hand, the selection of appropriate water treatment processes and, on the other hand, the adoption of a better irrigation management based on: the selection of tolerant crops, the selection of the irrigation system, the scheduling of irrigation, soil drainage and leaching.

References

[1] M. Bouziani, L'eau: de la pénurie aux maladies. Editions Ibn-Khaldoun, Oran, Algérie, 2000.
[2] A. Kettab, « Les ressources en eau en Algérie: "Stratégies, enjeux et vision" , Desalination, 2001, 136:25-33.
[3] A. Ghaffoor, M. Qadir, M. Sadiq, G. Murtaza, M.S. Brar, "Lead, copper, zinc and iron contaminations in soils and vegetables irrigated with city effluent on urban agricultural lands", J. Indian Society of Soil Sci., 2004, 52:114-117.
[4] G. Morrison, O.S. Fatoki, A. Ekberg, "Assessment of the impact of point source pollution from the the Keiskammahoek sewage treatment plant on the Keiskamma river: pH, electrical conductivity, oxygen demand (COD) and nutrients", Water SA., 2001, 27:475-480.
[5] G. Murtaza, A. Gaf foor, M. Qadir, M.K. Rashid, "Accumulation and bioavailability of Cd, Co and Mn in soils and vegetables irrigated with city effluent", J. Agric. Sci., 2003, 40:18-24.
[6] C.C. Du Preez, M.G. Strydom, P.A.L. Le Roux, J.P. Pretorius, L.D. Van Rensburg, A.T.P. Bennie, Effect of water quality on irrigation farming along the lower Vaal River: the influence on soils and crops. WRC Report N° 740/00, Water Research Commission, Pretoria, SA. 2000.
[7] N. Zouita, Etude de la pollution de l'aquifère alluvionnaire de la plaine d'El Madher (Nord-Est Algérien). Magister thesis in Hydraulics, University of Batna, Algeria. 2002.
[8] L. Cherak, Incidences des eaux usées résiduaires sur la microflores et le comportement de l'avoine. Magister thesis in Agronomy, University of Batna, Algeria. 1999.
[9] ONM. Ain Skhouna, Climate Data Report, Region of Batna (NEast Algeria), National Office of Weather, 2006.
[10] J. Rodier, Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition dunod, Paris. 1996.
[11] C. Kirda, Assessment of irrigation water quality, CIHEAM, Options Méditerranéennes, Bari, Italie, Série A, N° 31, 1997, pp. 367-377.
[12] S.K. Sundaray, U.C. Panda, B.B. Nayak, D. Bhatta, "Multivariate techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of the Mahanadi River – estuarine system (India): a case study", Environmental Geochemistry and Health, 2006, 28:317-330.
[13] XLSTAT., "Data analysis and statistical solution for MS Excel", http://www.xlstat.com (accessed June 21st 2008), 2008.
[14] S. Cornaz, Evaluation du statut trophique d'un canal de drainage sous l'impact des pollutions d'origines diffuses et ponctuelles : cas du Grand Canal de la basse plaine du Rhône. Mémoire de licence. Lausanne University, 2004.
[15] D. Todd, Groundwater. 2nd Edition, Wiley, New York, 1980.
[16] O.A. Al-Khashman, "Chemical evaluation of Ma'an sewage effluents and its use in irrigation purposes", Water Resour. Manage. 2009, 23:1041-1053.
[17] R.S. Ayers, & D.W. Westcot, Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and drainage paper. N° 29 Rev. 1 FAO, Rome. 1994.
[18] FAO., L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Caire Egypte, 2003.
[19] US. Salinity Laboratory (USSL), Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, USDA. Handbook n° 60, Washington, DC. 1954.
[20] T. Venugopal, L. Giridharan, M. Jayaprakash, P.M. Velmurugan, "A comprehensive geochemical evaluation of the water quality of River Adyar, India". Bull. Environ. Contam. Toxicol. 2009, 82:211-217.
[21] V. Wilcox, Classification and use of irrigation water. US. Department of Agriculture, Cire 696, Washington, DC. 1955.
[22] T.N. Tiwari, A. Manzoor, "Pollution of Subarnarekha river near Jamshedpur and the suitability of its water for irrigation". Indian J. Of Environment Protection, 1998, 8(7):494-497.
[23] U.J. Blumenthal, D.D. Mara, A. Peasey, G. Ruiz-Palacios, R. Stott, "Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines". Bulletin of the World Health Organization, 2000, 78(9):1104-1116.

Modelización de la erosión interna en una presa de gravedad

F. Yakhlef [1], M.Á. Parrón Vera [2], M.D. Rubio Cintas [2], A. Khamlichi [1],
A. Jabbouri [3], M. Bezzazi [3], P. Dubujet [4]

1. LAMS, Facultad de Ciencias en Tetuán, BP 2121 M'Hannech, Tetuán, Marruecos
2. Universidad Cádiz. Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil, EPSA, Algeciras, España
3. LMGC, Facultad de Ciencias y Técnicas en Tánger, BP 416 Tánger, Marruecos
4. LTDS, UMR 5513, ENISE, Saint-Etienne, Francia

Abstract. In this work, internal erosion phenomenon occurring under earth dams is modelled through simplifying the equations governing physics of the problem. A finite element two-dimensional model was built. It couples the Darcy equation, the elastic deformation under plane strain hypothesis and a classical law of internal erosion. These equations were further simplified in order to get stable numerical solutions. A parametric study was done after that to evaluate the maximum porosity obtained as a function of water over pressure, soil permeability and soil resistance to erosion.

Keywords: Internal erosion, Dams, Porous medium, Permeability, Piping.

1. Introducción

Las presas constituyen una parte importante de las infraestructuras públicas, proporcionando el control de inundaciones, abastecimiento de agua para usos domésticos y municipales, el riego de áreas agrícolas, la generación de energía, el esparcimiento y la pesca.

A pesar de sus muchos usos beneficiosos e importancia económica, las presas presentan también riesgos para la vida y los bienes debido a un potencial fallo causando inundaciones catastróficas. Una presa se construye para durar por un tiempo previsible que varía de 50 a 150 años. Por lo tanto, son diseñadas de tal manera que superen todos los posibles problemas a que se enfrentan (los diferentes tipos de erosión, las mayores inundaciones posibles, los terremotos).

Para mitigar estos riesgos, los expertos y los reguladores de presas analizan e inspeccionan los diferentes escenarios de riesgo cuidadosamente para identificar los modos de fallo potenciales y protegerlas contra ellos. Dada la carencia de un programa para prevenir el fracaso de manera total éstas no son del todo seguras. La hipótesis del exceso de acciones perjudiciales excediendo los límites de diseño no debe ser eliminado. Durante los 150 años de vida de las presas determinados accidentes pueden occurir. La simulación de fallos potenciales y la planificación para ellos consituye una parte esencial para alcanzar la reducción de alarma. Estos planes incluyen el desarrollo de sistemas de alerta y procedimientos relevantes de protocolos de seguridad estructural. Las simulaciones de rotura de las presas son utilizadas por la ingeniería para dar un inventario de prioridad de los riesgos presentados por éstas. Este proceso de prioridad facilita el uso eficaz de los recursos financieros y humanos para mejorar la seguridad pública y reducir el riesgo de desastre de las presas.

En este contexto, el problema de la erosión interna de los suelos bajo las presas es cada vez una preocupación mayor. El accidente típico que se produjo debido a la erosión es la ruptura de la presa Teton en Estados Unidos [1]. Pocas horas después de aparecer una pequeña fuga de agua bajo la obra fue suficiente para llevar a su deterioro estructural. Formándose rápidamente una gran vía de agua a través de su armazón. El gradiente de presión generada ha causado un importante flujo en la instalación y la erosión de la excavación del agujero ha finalizado la labor.

Recientemente ensayos a escala se llevaron a cabo en Noruega [2] donde se ha iniciado facultativamente una erosión por tubificación para medir los cambios ocasionados. Una vez iniciado la erosión, este fenómeno se ha desarrollado rápidamente. Por eso es importante elaborar un modelo con el fin de comprender los mecanismos y desarrollar las soluciones adecuadas para prevenir o predecir las fallas de las estructuras bajo la eventualidad de erosión. En la referencia [3] se ha demostrado que el estado de la barrera de filtración y la realizacion del prgrama de inyección no estaban realizando según lo previsto. El deterioro del funcionamiento de la barrera de filtración en los últimos 20 años de vida de la presa ha resultado de una combinación de varios mecanismos que han actúado en una serie de lugares. La filtración ha ocurrido probablemente a partir de una combinación de tres fuentes: las filtraciones en la barrera, las filtraciones en torno a la barrera, y la filtración a través de la barrera. Este informe no lleva a prestar atención al fenómeno de erosión interna desde un punto de vista de sostenebilidad.

La erosión interna es una degradación progresiva de los suelos, las partículas finas se sacan y se transportan por el fluido a través del medio permeable. Esto conduce a un aumento de la porosidad y por lo tanto un deterioro gradual de las propiedades mecánicas de los mismos. Este fenómeno representa un riesgo real a las estructuras hidráulicas (presas, embalses). Un estudio estadístico [1] muestra que las consecuencias son muy grave: miles de muertes y pérdidas económicas.

Distintos avances se han generado en el modelado de la erosión, especialmente en asuntos relacionados con la producción fría de los aceites pesados [3] y [4]. Los mecanismos internos de la erosión son complejos y dependen de varios parámetros que interactúan entre ellos. Sin embargo, la erosión interna esta por lo general vinculada a dos fenómenos principales [2]: La sufusión que es una redistribución interna de las partículas finas inicialmente contenidas en el suelo. La granulometría de las partículas del suelo no cambia, pero la homogeneidad del suelo ya no es la misma y el aumento de la permeabilidad en algunas áreas donde las partículas finas se retiran, mientras que disminuye en las regiones donde estas partículas se acumulan.

- *El zorro hidráulico* (término establecido por el grupo PCI de la AECID) [10], fenómeno regresivo que causa la formación de una oquedad en el suelo. Este fenómeno es difícil de detectar porque ocurre muy rápidamente y sólo permite una acción inmediata para actuar contra él.

2. Modelado del problema

Las tres fases se gobiernan por el principio de conservación de la masa. El flujo de la fase líquida se rige por la ley de Darcy. Supongamos que las partículas erosionadas tienen una acción baja y no afectaría significativamente el flujo. El comportamiento mecánico del suelo es tratado bajo el supuesto de deformación plana. La erosión esta descrita por una ley clásica que conecta directamente la variación de la porosidad a la acción generadora de la extracción, la producción. Las ecuaciones del problema incluyen pues:

La ley de Darcy

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{k_0\varphi^3}{g\rho_w(1-\varphi)^2}\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{k_0\varphi^3}{g\rho_w(1-\varphi)^2}\left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)\right]=-(1-\varphi)\left[\frac{\partial^2 u}{\partial t\partial x}+\frac{\partial^2 v}{\partial t\partial y}\right]+\frac{\partial u}{\partial t}\frac{\partial \varphi}{\partial x}+\frac{\partial \varphi}{\partial y}\frac{\partial v}{\partial t} \quad (1)$$

El equilibrio del suelo

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{E_0(1-\varphi)(1-\nu)}{(1-2\nu)(1+\nu)}\frac{\partial u}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{E_0(1-\varphi)}{2(1+\nu)}\frac{\partial u}{\partial y}\right]+\rho_s g=\frac{\partial p}{\partial x}-\frac{E_0(1-\varphi)}{2(1-2\nu)(1+\nu)}\frac{\partial^2 v}{\partial y\partial x} \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{E_0(1-\varphi)}{2(1+\nu)}\frac{\partial v}{\partial x}\right]+\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{E_0(1-\varphi)(1-\nu)}{(1-2\nu)(1+\nu)}\frac{\partial v}{\partial y}\right]=\frac{\partial p}{\partial y}-\frac{E_0(1-\varphi)}{2(1-2\nu)(1+\nu)}\frac{\partial^2 u}{\partial x\partial y} \quad (3)$$

La ley de erosión,

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t}=\rho_S\frac{1}{\tau_{er}}(1-\varphi)\cdot|q|+\frac{\partial^2 u}{\partial t\partial x}+\frac{\partial^2 v}{\partial t\partial y} \quad (4)$$

dónde φ es la porosidad, k_0 la permeabilidad inicial, ρ_w la densidad del agua, ρ_S la densidad específica de los granos sólidos, q el caudal de Darcy, p la presión, u y v los componentes horizontales y verticales del desplazamiento, τ_{er} la resistencia del suelo a la erosión, E_0 el módulo de Young del suelo, ν el coeficiente de Poison, x e y los datos horizontales y verticales y t el tiempo.

El caudal de Darcy será calculado por,

$$q=-\frac{k_0\varphi^3}{(1-\varphi)^2}\begin{bmatrix}\frac{\partial p}{\partial x} & \frac{\partial p}{\partial y}\end{bmatrix}^t \quad (5)$$

El modelo geométrico de una presa de gravedad se describe en la figura1.

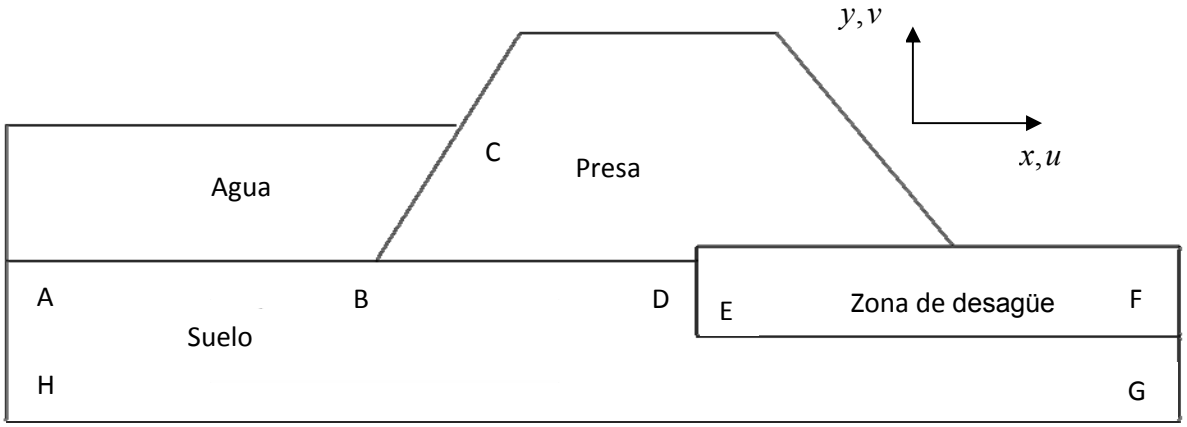


Figura1: El modelo geométrico de la presa

Considerando la fase del inicio del zorro hidráulico, se aprecia que la porosidad sufre solamente escasas variaciones en torno a su valor inicial. Se admitirá mientras que la porosidad sigue siendo constante en las ecuaciones (1) - (3). Esto equivale a suponer, como una primera aproximación, que la erosión no afecta directamente a la solución del problema de consolidación (1) - (3). Esta hipótesis permite desacoplar parcialmente el problema e integrar separadamente el sistema de ecuaciones diferenciales a las derivadas parciales (1) - (3) y la ecuación diferencial que modela la erosión (4). La solución de esta última ecuación se integrará explícitamente una vez se calcule la solución del problema de consolidación. La aproximación considerada no es muy restrictiva ya que se puede comprobar a posteriori que las condiciones del zorro hidráulico corresponden efectivamente a una porosidad que sigue estando cerca de su valor inicial. Permitiendo liberarse del problema de las inestabilidades numéricas que caracterizan el problema acoplado definido por las ecuaciones (1) - (5). Por otra parte, los estudios efectuados por Vardoulakis y al. [6], luego por Papamichos y al. [7,8] permitieron poner de manifiesto que un modelo parcialmente desacoplado permite dar cuenta de la parte fundamental de las observaciones experimentales.

El esbozo del zorro hidráulico es caracterizado por una variación local de la porosidad tal como se pone de relieve por la resolución del sistema (1) - (4). El desarrollo de este fenómeno representa una fase avanzada en el fenómeno de erosión interna de los suelos, no se comprenderá únicamente a través del sistema de ecuaciones (1) - (5) recordando el supuesto entre otras cosas de poseer un suelo homogéneo, lo que no es el caso en la aparición de una ruptura. La fase de desarrollo del zorro hidráulico será analizada mediante el concepto del tiempo que permanece hasta la formación de la ruptura, Bonelli y al. [9].

Con el fin de integrar el problema definido por las ecuaciones (1) - (5), se desarrolla un modelo de elementos finitos utilizando el programa informático comercial Comsol Multiphysics versión 3.4. Con especificación de las condiciones y límites iniciales.

En el estudio paramétrico efectuado a continuación, se supone que la consolidación bajo el peso de la presa se acaba y que el nivel del agua almacenada se queda constante. Se interesa solamente por el efecto del aumento súbito del nivel de la retención sobre la erosión interna que puede desarrollarse bajo la presa; el término $\rho_s g$ se omite pues es del segundo miembro de la ecuación (2).

En el modelo simplificado que se propone en este estudio se admite que el agua almacenada actúa como una simple sobrepresión estática que se ejerce sobre el borde AB, que la presa es indeformable

de modo que sólo un campo estático de tensiones actúe sobre la parte CD de la figura 1. Las condiciones iniciales y los límites asociadas al sistema formado por las ecuaciones de consolidación (1) - (3) se escriben como sigue.

Condiciones iniciales:

$$p = 0,\ u = 0, v = 0 \tag{6}$$

Condiciones límites:

$$\nabla u = \nabla v = 0,\ p = p_{in} \text{ sobre AB y BC} \tag{7}$$

$$\nabla u = \nabla v = 0,\ p = 0 \text{ sobre BD, DE, EF} \tag{8}$$

$$\nabla u = \nabla v = \nabla p = 0 \text{ sobre AH y FG} \tag{9}$$

$$u = v = \nabla p = 0 \text{ sobre HG} \tag{10}$$

en donde ∇ es el operador gradiente y p la sobre presión.

A continuación se efectuó un estudio paramétrico en el cual el interés se manifestó por el efecto del aumento del nivel del agua almacenada, variación de la sobrepresión, sobre la erosión interna máxima φ_{max} que se desarrollará bajo la presa en función de la permeabilidad k_0 y la resistencia a la erosión τ_{er}. La figura 2 muestra los isovalores de la porosidad obtenida en el caso $p_{in} = 10^4 \text{Pa}$, $k_0 = 10^{-6}$ y de $\tau_{er} = 10^5$. Los resultados encontrados en los distintos casos son presentados en la tabla 1.

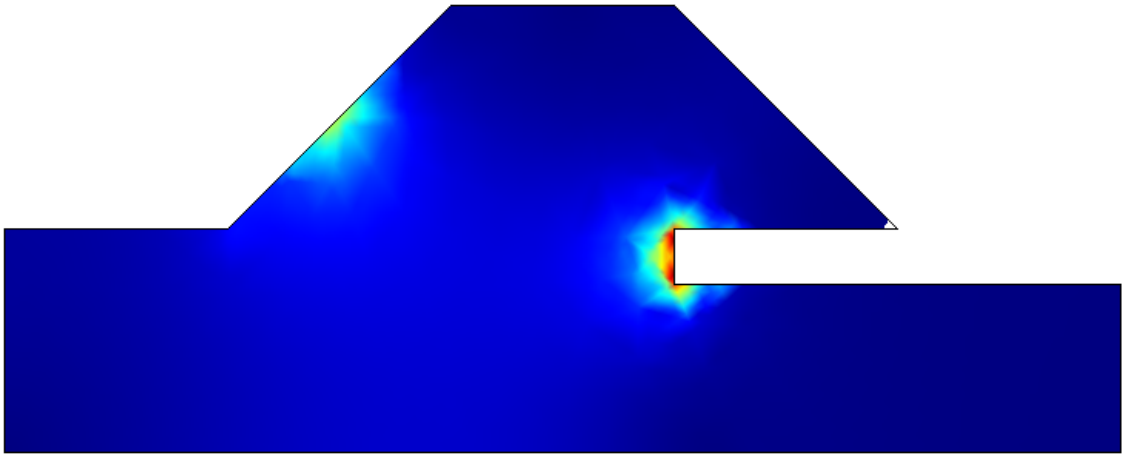


Figura 2: Los isovalores de la porosidad para el caso $p_{in} = 10^4 \text{Pa}$, $k_0 = 10^{-6}$ y de $\tau_{er} = 10^5$

Tabla1: Valores de la porosidad máxima en función p_{in}, k_0 y de τ_{er}

Sobrepresión del agua (Pa)	Permeabilidad	τ_{er}
10^5	10^{-5}	10^5
	10^{-5}	10^7
	10^{-7}	10^5
	10^{-7}	10^7
10^4	10^{-5}	10^5
	10^{-5}	10^7
	10^{-7}	10^5
	10^{-7}	10^7

3. Conclusión

Un modelo simplificado de la erosión interna que ocurre bajo una presa en tierra se ha añadido en este estudio mediante una aproximación que supone el esbozo del *zorro hidráulico,* caracterizado por una pequeña variación local de la porosidad en torno a su valor inicial. Los resultados obtenidos demuestran que la porosidad máxima se concentra cerca de la zona de desagüe. Se ha permitido también observar que la porosidad máxima aumenta rápidamente con la sobrepresión del agua almacenada, y la porosidad máxima disminuye cuando la permeabilidad disminuye. A permeabilidad constante, al aumentar los valores de la resistencia del suelo la porosidad máxima disminuye. Esto puede servir para optimizar el diseño de un filtro anti zorro hidráulico que se disponga con el fin de luchar contra la erosión interna así como caracterizar la durabilidad de este filtro.

Agradecimientos.

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID) que ha apoyado financieramente esta investigación, también desean dar las gracias a CNRS francés y CNRST marroquíes por haber financiado una parte de este trabajo.

Referencias

[1] Fread D.L., Dam-Breach Floods, NOAA, National Weather Service, Office of hydrology, Silver Spring, Maryland, 1997.

[2] Løvoll A., Vaskin, K. (2003). Data report no. 5, large scale field test 2003. Rapport technique, IMPACT (Investigation of Extreme Flood Process and Uncertainty) FP5 European Project, 2003.

[3] Rice J.D., Duncan J.M., Sleep M., Davidson R.R. A Study of the Long-term Performance of Seepage Barriers in Dams. The Role of Dams in the 21st Century, 26th Annual USSD Conference, San Antonio, Texas, May 1-6, 2006.

[4] Vardoulakis I. Fluidisation in artesian flow conditions: Hydromechanically stable granular media. Géotechnique, 54(2): 117-130, 2004.

[5] Stavropoulou M., Papanastasiou P., Vardoulakis I. Coupled wellbore erosion and stability analysis. International Journal for Numerical and analytical Methods in Geomechanics, 22: 749-769. 1998.

[6] Vardoulakis I., Stavropoulou M., Papanastasiou P. Hydromechanical aspects of sand production problem. Transport in Porous Media, 22: 225-244, 1996.

[7] Papamichos E., Vardoulakis I., Tronvoll J., Skjerstein A. Volumetric sand production model and experiment. Int. J. Numer. Anal. Methods Geomech., 25(8), 789-808, 2001.

[8] Papamichos E., Stavropoulou M. An erosion-mechanical model for sand production rate prediction. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 35 (4-5): 531-532, 1998.

[9] Bonelli S., Brivois O., Lachouette D. The scaling law of piping erosion. 18ème Congrès Français de Mécanique Grenoble, 27-31, août 2007.

[10] Parrón Vera, M.A., Khamlichi A. et al, Modelado analítico simplificado del ensayo normal de erosión de tubo. Revista Ingeniería Civil (CEDEX), nº 155 81—87 2009.

Predicción de la erosión durante el ensayo normal de erosión de tubo (HET)

B. Kissi[1,2] , M. Parrón Vera[2] , L. El Bakkali[1] , A. Khamlichi[1] ,M.Bezzazi[1] , M.D. Rubio Cintas[2]

[1] Universidad Abdelmalek Essaâdi, Facultad De Ciencias De Tetuán, Marruecos
[2] Departamento de Ingeniería Industrial y Civil, EPSA, Algeciras, España
Email: kissifst@yahoo.fr

Abstract. CFD simulation with enhanced modeling of turbulence is used to model water-clay mixtures flowing through a cylindrical pipe domain. Effects on the wall-shear stress resulting from varying water clay content and applied hydraulic gradient are analyzed. Various parametric studies were performed and had shown that the two-dimensional modelling introduced in the present study does not yield a uniform wall-shear stress along the pipe wall and that clay concentration affects significantly the wall-shear stress value. The obtained results had enabled predicting more realistically erosion amount and had allowed for understanding the irregular eroded hole wall shape as observed experimentally after performing the standard hole erosion test.

Keywords: Modeling, Turbulence, $k-\varepsilon$ model, Erosion, Hole Erosion Test.

1. Introducción.

La protección de los recursos hídricos requiere, entre otras cosas, que nos interesemos en el fenómeno de erosión interna que afecta a los suelos. Diversos problemas pueden causar la pérdida del uso de los cursos de agua o comprometer el buen funcionamiento de las estructuras de retención como las presas. Los mecanismos de eliminación de partículas por la erosión y su transporte, la alta concentración y la deposición de sólidos en suspensión son aspectos importantes que afectan a la seguridad y la sostenibilidad de la infraestructura del agua. La erosión interna del suelo por arrastre de partículas y sus consecuencias en el desarrollo de oquedades, es una de las grandes amenazas para las obras hidráulicas. Además del diseño de filtros que están modelados para detener este peligroso fenómeno, la auscultación y el control son necesarios para garantizar un nivel adecuado de protección en toda la vida de la estructura. Es muy importante, especialmente conocer el erosionado de los suelos que forman la base de estas obras. El ensayo de erosión de tubo es un estándar de prueba que ha demostrado su adecuación en el campo de la caracterización de los suelos en la fase avanzada de la erosión hidráulica denominada por nosotros zorro hidráulico. Para saber lo que determina este ensayo como características intrínsecas de los suelos erosionables, su modelado es considerado en este estudio. El modelo 1D no es suficiente para explicar todos los aspectos discutidos en este ensayo, razón por la cual se introduce un modelo 2D para comprender mejor la realidad física. Este fenómeno

complejo representa una fuente importante de problemas cuando se considera la seguridad de las presas. Este fenómeno que se traduce en la aparición de fugas muy graves bajo las obras hidráulicas, el zorro hidráulico, es una de las causas principales de su ruptura. El acaecimiento de tales accidentes puede generar pérdidas materiales y en vidas humanas desastrosas. Se informaron numerosos casos de rupturas de presas a través del mundo en la literatura [1].

Se concibieron varios ensayos de laboratorio para reproducir este mecanismo. Recientemente, el ensayo de erosión del tubo "Hole Erosion Test". Se realizaron numerosas ensayos sobre varios tipos de suelos: [2] y [3] y [4].

2. Ecuaciones del problema.

Para el caso particular de problemas axisymmetrical, las ecuaciones de Navier-Stokes se escriben bajo la forma:

$$\frac{1}{r}\frac{\partial(ru)}{\partial r}+\frac{\partial v}{\partial z}=0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{1}{r}\frac{\partial\left(ru^2\right)}{\partial r}+\frac{\partial(uv)}{\partial z}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r\mu\left(\frac{\partial u}{\partial r}-\rho\overline{(u')^2}\right)\right]+\mu\frac{u}{r^2}+\frac{\partial}{\partial z}\left[\mu\left(\frac{\partial u}{\partial z}-\rho\overline{u'v'}\right)\right] \tag{2}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{1}{r}\frac{\partial\left(ruv\right)}{\partial r}+\frac{\partial(v^2)}{\partial z}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial z}+\frac{\partial}{\partial z}\left[\mu\left(\frac{\partial v}{\partial z}-\rho\overline{(v')^2}\right)\right]+\frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left[r\mu\left(\frac{\partial v}{\partial r}-\rho\overline{u'v'}\right)\right] \tag{3}$$

Donde t es tiempo, ρ es la densidad del líquido, u es la velocidad principal en la dirección radial, v es la velocidad mala en la dirección axial, p la presión, μ es la viscosidad cinemática.

La ley de erosión de superficie está dada por la ecuación siguiente

$$\dot{\varepsilon}_{er}=c_{er}\left(\tau-\tau_s\right) \tag{4}$$

Dónde $\dot{\varepsilon}_{er}$ es la velocidad de erosión en $\mathrm{kg/s/m^2}$, c_{er} el coeficiente de erosión de superficie supuesto constante [5]. Este apartado y los necesarios a incorporar a continuación es necesario presentar la formulación del problema y la solución planteada a este, como aportación original en la comunicación.

3. Resultados

La figura 15 muestra la dimensión de la malla obtenida que se transfirió a Fluent.

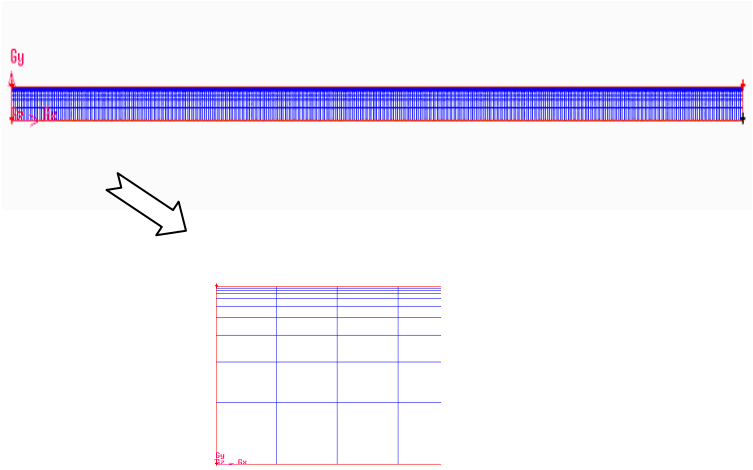


Fig.1 ámbito fluido discreteado con un zoom que muestra las células en la dirección radia

La modelización bajo **Fluent** se efectuó utilizando la densidad del agua y viscosidad dinámica al température20°C para el cual $\rho = 1000\ kg/m^3$ donde $\eta = \rho\mu = 0.001\ Pa.s$. Considerando la mezcla "agua-arcilla" los valores experimentales de la densidad y la viscosidad dinámica a 20 ° C se dan en la tabla 1 en función de la concentración en masa de arcilla.

Concentration d'argile %	Densité de la mélange (kg/m^3)	Viscosité de la mélange ($Pa.s$)
0	1000	0.001
1.8	1005	0.00177
2.6	1011	0.00189
3.85	1020	0.00194

Tabla. 1 La densidad y la viscosidad homogenizadas para las mezclas (agua-arcilla) en función de la concentración de arcilla.

Se aplicaron tres gradientes de presión. Corresponden a $\Delta p = p_{outlet} - p_{inlet} = \rho g H$ donde $g = 9.81\ m/s^2$ y carga hidráulica es una de los valores siguientes: $H = 0.38\ m$, $H = 0.76\ m$, $H = 1.14\ m$.
fijando $p_{outlet} = 0$, las presiones tienen la entrada son entonces: $p_{inlet} = 3726\ Pa$, $p_{inlet} = 7451\ Pa$ y $p_{inlet} = 11177\ Pa$.

El método de solución elegido bajo Fluent es volumen de fluido (VOF). El modelo viscoso elegido es el modelo de RNG $k-\varepsilon$ y el tratamiento próximo a la pared está de acuerdo con el tratamiento reforzado de pared con efectos de gradiente de presión.

La Figura 2 da las tensiones de cizallamiento sobre la pared en función del dato axial para los tríos gradiente de presión.

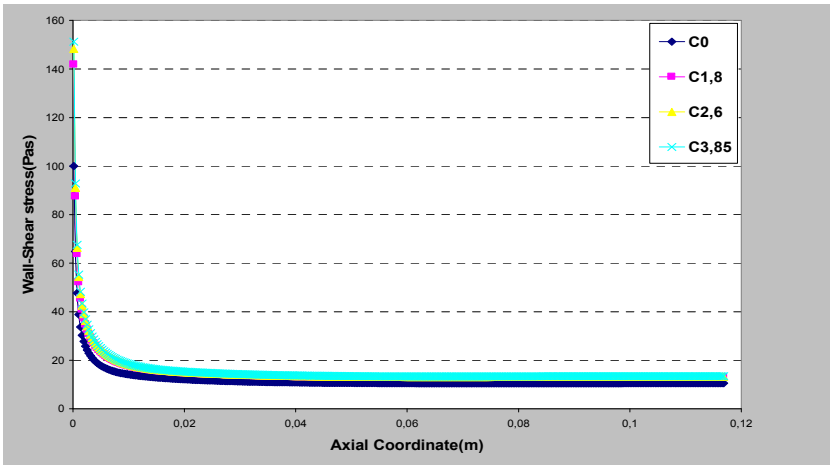


Fig. 2: Cizallamiento obtenido para el caso de $p_{inlet} = 3726\ Pa$ en función de concentración de arcilla

La figura 3 muestra el coeficiente de la erosión (in $10^{-6}\ kg/s$) que corresponde a la cantidad de salida de masa por unidad de tiempo. El coeficiente de erosión aumenta en función de la concentración de arcilla.

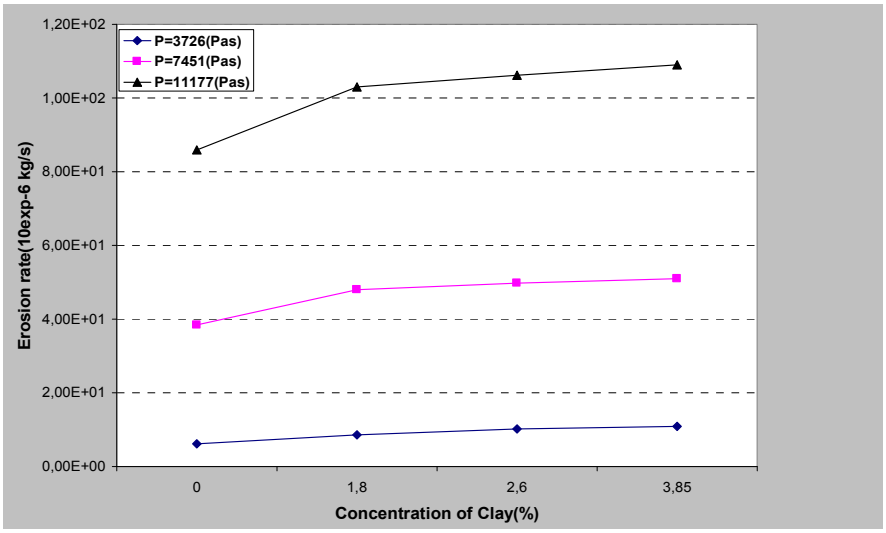


Fig.3 Coeficiente de la erosión en función de presión de entrada y concentración de arcilla

4. Conclusiones.

La erosión constituye uno de los problemas ambientales más graves que se ciernen sobre el mundo. Puede originar riesgos naturales de corrimientos de tierras a movimientos en masa del suelo. Diversos problemas pueden causar la pérdida del uso de los cursos de agua o comprometer el buen funcionamiento de las estructuras de retención como las presas.

Esta modelización del ensayo de erosión de tubo, permitió describir el efecto del desagüe sobre la deformación de la pared del tubo. Permitió poner de manifiesto en particular que la erosión no se produce de manera uniforme sobre toda la longitud del tubo

Se efectuó una modelización bidimensional del ensayo de erosión de tubo por medio de programa informático mejorado CFD (Fluent). La pared del agujero se había supuesto ser rígida y tener una geometría cilíndrica circular. Contrariamente a los antiguos modelos que son esencialmente unidimensionales, la modelización bidimensional puso de manifiesto que la tension de cizallamiento sobre la pared no es uniforme a lo largo de la pared del agujero. Era pues posible gracias a la ayuda de una ley de erosión lineal predecir la erosión no uniforme a lo largo de la longitud del agujero. El estudio del efecto de la concentración de arcilla puso de manifiesto que no tiene un efecto desdeñable sobre el cizallamiento sobre la pared y en consecuencia tendría una incidencia sobre la erosión de superficie en su vuelta que se desarrolla al interfaz fluido/muestra de suelo, en particular a la extremidad de salida del agujero donde es máximo. Eso permitió incluir porqué cualitativamente el perfil de la erosión de la pared del agujero tal como se observa durante la experiencia no es uniforme.

Agradecimientos.

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID) que ha apoyado financieramente esta investigación, también desean dar las gracias a CNRS francés y CNRST marroquíes por haber financiado una parte de este trabajo.

Referencias.

[1] M.A. Foster, R. Fell, M. Spannangle. The statistics of embankment dam failures and accidents. Canadian geotechnical Journal 37 (2000) 100-1024.

[2] C.F. Wan, R. Fell. Investigation of rate of erosion of soils in embankment dams, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 30(2004) 373-380.

[3] C.F. Wan, R. Fell. Laboratory Tests on the Rate of Piping Erosion of Soils in Embankment Dams. Geotechnical Testing Journal, 27(2004) 295-303.

[4] F. Bendahmane, D. Marot, F. Rosquoët F., A. Alexis. Characterization of internal erosion in sand kaolin soils. European Journal of Environmental and Civil Engineering, 10(2006)505-520.

[5] T.L. PHAM. Erosion et dispersion des sols argileux par un fluide. In French. Ph.D Thesis, Order number: D.U. ED: 430. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, France, 2008.

Estudio de la eliminación de nutrientes y metales pesados contenidos en aguas residuales industriales de la ciudad de Tánger mediante el cultivo de microalgas

F.Z. Mennaa[1], B. Tapiador[1], J.A. Perales Vargas-Machuca[1], J. Bouyalaoui[2], M. Abboudi[2], and J. BarragánSánchez[1], M.C. Garrido Pérez[1]

[1] Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz, Cádiz. fatima.mennaa@uca.es

[2]Departement des Scineces de l'Univers, Facultédes Sciences et Techniques, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Marruecos.

Abstract. The aim of this work is the study of the capacity of removal of heavy metal and nutrients by the microalga Chlorella Vulgaris of an industrial wastewater from the city of Tangier. A previous screening test were made in order to determinate the toxicity of the wastewater and its potential productivity. Results showed that the industrial was not toxic but is deficient in phosphorus. In order to determine the optimal concentration of phosphorous for the maximum productivity, batch experiments of the culture of the microalga in the wastewater at different concentrations were carry out in reactors of 1 litre of capability. The results showed that Chlorella Vulgaris grew in the industrial wastewater when phosphorous is added in the reactor. The productivity was of 285,4 mg·l-1day-1 in the N/P ratio close to 4/1.

Keywords: Microalgae, industrial wastewater treatment, nutrients, Chlorella Vulgaris.

1. Introducción.

La actividad humana ha provocado un aumento de la entrada de nutrientes en los ecosistemas, muchas agencias de regulación basadas en el medio ambiente exigen la eliminación de nutrientes [1], siendo el exceso de nutrientes altera los ciclos biogeoquímicos naturales con graves consecuencias para el medio ambiente y es la principal causa de eutrofización de los cuerpos de agua receptores.

Con la finalidad de mejorar la calidad de los efluentes a descargar, existen diferentes tipos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de nutrientes, entre ellos la aplicación de un tratamiento terciario con procesos fisicoquímicos como la precipitación, intercambio iónico, remoción de nutrientes, de metales pesados, cloración, ozonización y osmosis inversa, Estos procesos tradicionales de eliminación de nutrientes llevan asociados altos costes, producción de lodos y una compleja operación, además de reformas en la EDAR. Por ello, la tecnología actual de eliminación de nutrientes del agua residual debe seguir evolucionando.

La investigación sobre el tratamiento de las aguas residuales mediante microalgas comenzó hace más de 40 años [2]. Este sistema ofrece las ventajas combinadas de mejorar la calidad del agua y obtener una biomasa valorable que puede ser utilizada como fuente de energía (biogás o biocombustibles), en

la agricultura (fertilizantes y acondicionadores de suelo), como cosméticos, productos farmacéuticos y otra clase de productos químicos [3][4][5]. Las microalgas, al ser organismos fotosintéticos son capaces de fijar eficientemente CO_2, incluso de gases emitidos por industrias [6], además pueden asimilar nutrientes [7] [8], eliminar metales y producir un efluente oxigenado. La utilización de microalgas en la depuración posee el potencial de ser una solución medioambientalmente adecuada para reducir el problema de la eutrofización, y además que no genera contaminantes adicionales cuando se cosecha la biomasa y permite una eficiente recirculación de nutrientes residuales [9].

El objetivo de este trabajo es evaluar la viabilidad del tratamiento de aguas residuales industriales y eliminación de nutrientes por medio de la microalga *Chlorella Vulgaris* utilizando agua residual industrial de un polígono industrial de la ciudad de Tánger. El alga utilizada en este estudio es una especie de gran resistencia que ha demostrado su potencial en la eliminación de nutrientes y metales pesados. Los resultados se han modelizado para obtener los parámetros cinéticos que puedan evaluar el potencial del uso de microalgas en la eliminación de nutrientes y metales pesados del agua residual industrial.

2. Desarrollo del problema.

2.1. Material y método

Para la consecución de los objetivos se realizaron distintos ensayos en discontinuo a escala de laboratorio en los que se estudió el crecimiento de las microalgas y la eliminación de nutrientes del sistema por las mismas. Para la modelización de la evolución de la biomasa se ha empleado el modelo logístico de Verlhust [10].

2.1.1. Microalga.

La alga utilizada es la especie Chlorella vulgaris (Cepa SAG 211-12) obtenida de la colección SAG Culture Collection of Algae (Sammlung von Algenkulturen) de la Universidad de Göttingen en Alemania. La alga se mantuvo en el laboratorio en medio fresco Combo y en fase exponencial de crecimiento hasta su utilización en los ensayos. Las condiciones ambientales de mantenimiento de la cepa y de realización de los ensayos fueron de 25 ºC e iluminación (luz blanca-fría; fotoperiodo luz/oscuridad 14/10)

2.1.2. Diseño experimental.

a. Ensayo de screening:

En un primer paso se realizó un ensayo de screening con un doble objetivo: (1) evaluar la posible toxicidad del agua industrial y (2) evaluar el potencial de productividad del agua residual con la concentración original de nutrientes (1P) y con el aditivo de concentraciones diferentes de fosfato (2P a 32P).

Para la realización de este ensayo de screening se emplearon seis medios de cultivo de agua residual industrial de la ciudad de Tánger a diferentes ratios N/P (ver composición inicial de las aguas en la tabla 1). Para obtener los diferentes ratios se tomó como referencia la concentración de N del agua residual. La concentración inicial de nutrientes de estos medios de cultivo se muestra en la tabla 2. Además se incluyó un control del crecimiento óptimo del cultivo en medio sintético Combo [11] y un

medio de cultivo con sólo agua residual y microalgas al objeto de comprobar la posible inhibición del agua residual).

Tabla 1: la composición inicial del agua residual Industrial de Tánger

Metales y metales pesados														Nutrientes	
Al µg/l	Pb µg/l	Fe µg/l	Sb µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	As µg/l	Ni µg/l	Cr µg/l	Mn µg/l	Zn µg/l	Mo µg/l	Ag µg/l	Hg µg/l	PO_4^{3-} mg/l	NH_4^+ mg/l
58,6	0,96	149	2,11	<0,04	10,5	13,1	11,3	11,2	435	70,7	1,04	0,02	0,15	5,09	64,5

Tabla 2: La concentración inicial de cada tubo de screening. Promedio de cada triplicado.

Tubos de screening	P (mg/LP)	N (mg/LN)	N/P
1P	1,63	50	31/1
2P	3,26	50	15/1
4P	6,52	50	8/1
8P	13,04	50	4/1
16P	26,09	50	2/1
32P	52,18	50	1/1

Los ensayos se realizaron en tubos de vidrio borosilicatado de 24 mm diámetro y capacidad total de 50 mL. En cada tubo se añadió 20 mL de la muestra a ensayar y 0,5 mL de inóculo de microalga. La codificación y concentración de N y P fueron las que se muestra en la Tabla 2. Cada muestra se ensayó por triplicado.

b. Ensayos en fotobiorreactores de 1litro.

En una segunda basada en los resultados del ensayo de screening, y con el objetivo de determinar la cantidad óptima de fósforo a mayor escala, se realizaron ensayos en discontinuo en reactores de 1 litro aireados a una tasa de aireación de 2litro/minuto. Como en la etapa de screening, los ensayos se realizaron a diferentes ratios N/P. No se incluyó el ensayo 32P y 4P porque del ensayo de screening se concluyó que éstos no se diferenciaban sustancialmente de 16P y 2P y éstos suponen una menor adición de nutrientes al medio para productividades similares. La concentración inicial de nutrientes en cada reactor se muestra en la tabla 3. Además se incluyó un control del crecimiento óptimo del cultivo en medio sintético Combo. Los fotobiorreactores estuvieron iluminados artificialmente mediante lámparas (tipo Daylight), con una intensidad de luz determinada y un fotoperiodo de luz/oscuridad de 14/10. La temperatura del ensayo fue de 20±3ºC.

El volumen del medio de ensayo en cada reactor fue de 760 mL y se inoculó con 50 mL de un cultivo sano de *Chlorella*.

Tabla 3: la concentración inicial de cada reactor

Fotobiorreactor	N (mg/L N)	P (mg/L P)	N/P
1P	50	1,63	31/1
2P	50	3,26	15/1
8P	50	13,04	4/1
16P	50	26,09	2/1

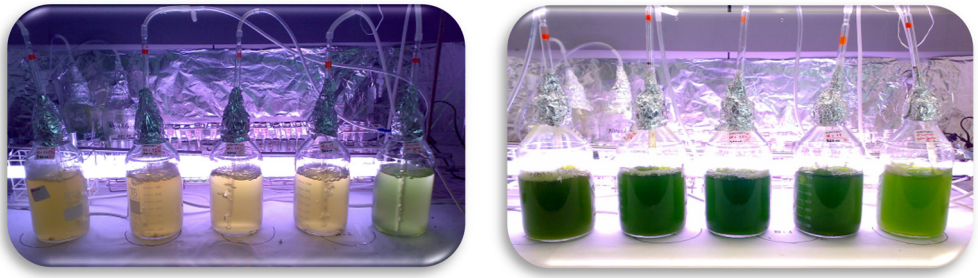


Figura 1: Crecimiento de la biomasa en los fotobiorreactores; (a) el primer día, (b) después de 7 días

2.1.3. Seguimiento del ensayo.

Inicialmente, y cada 24 horas durante todo el ensayo, se determinó la biomasa de los tubos mediante medidas de densidad óptica a 680 nm en un colorímetro con adaptador de tubos para medidas directas de absorbancia (Aquagem, Jenway). Estas medidas se absorbancia se tradujeron a "sólidos en suspensión" mediante la aplicación de rectas de calibración realizadas previamente con los cultivos.

A lo largo del ensayo se determinó el contenido en N y P de los reactores utilizando métodos colorimétricos normalizados utilizando reactivos de la casa comercial AquaGem (Jenway). Al finalizar el ensayo, se determinó el contenido final de nutrientes.

Una vez finalizados los ensayos, los datos de biomasa obtenidos mediante densidad óptica se tradujeron en sólidos en suspensión mediante una recta de calibración realizada para ambos parámetros. Las ecuaciones obtenidas a partir del ajuste de valores entre la densidad óptica (D.O.) y los sólidos en suspensión (SS) se representan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Ecuaciones del ajuste lineal del microalga Chlorella Vulgaris

Cubeta de 10 mm	**Tubos de 24 mm**
SS(mg/l)= 214,38 · **D.O.**; **R²** = 0,9807	**SS(mg/l)**= 108,47 **D.O.**; **R²** = 0,9911

2.1.4. Modelización del crecimiento y parámetros cinéticos.

Los datos de biomasa se modelizaron utilizando el modelo logístico de Verlhust [10] (ecuación (1), modelo que es independiente de las concentraciones de sustrato. Los resultados de la modelización nos permiten estudiar la capacidad de producción máxima de biomasa de este microalga en las condiciones de cultivo de cada reactor.

$$\frac{dX(t)}{dt} = \mu . X(t)\left[1 - \frac{X(t)}{Xm}\right] \qquad (1)$$

Siendo $dX(t)/dt$ la concentración de microalgas con respecto al tiempo (mg $SS.L^{-1}.h^{-1}$), μ es la velocidad específica de crecimiento de biomasa (h^{-1}), $X(t)$es la concentración de microalgas en un instante (mg $SS.L^{-1}$) y Xm la máxima concentración de microalgas alcanzada en el reactor en discontinuo (mg $SS.L^{-1}$).

Para la obtención de los parámetros cinéticos se ha utilizado el Software STATISTICA.

2.2. Resultados y discusión.

2.2.1. Evolución de la biomasa.

a. *Ensayo de screening:* La microalga *Chlorella Vulgaris* ha demostrado un buen crecimiento en el agua residual utilizada en este estudio, pero en distinta medida en función de la concentración de nutrientes inicial tal y como se muestra en la figura 1 (1P). La mayor concentración de biomasa alcanzada fue alrededor de 300 mg SS/L (ensayo 32P) y la menor de 100 mg SS/L (el control Combo) y 211,52 mg SS/L (2P) como muestra la figura 2. La concentración de biomasa obtenida en el resto de ensayos fluctuó entre estos valores. Estas concentraciones se han obtenido en un tiempo final de 700 horas.

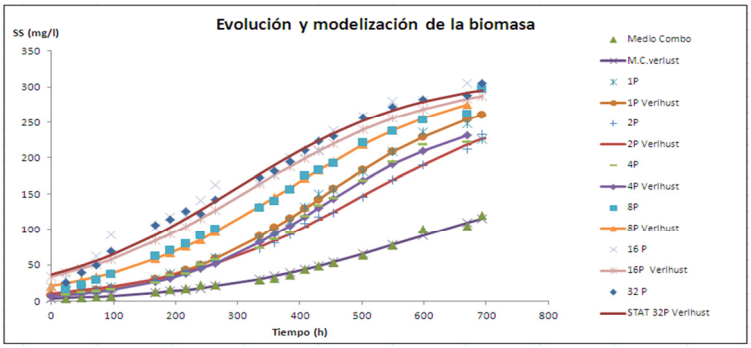


Figura 2: Evolución y modelización de la biomasa con modelo logístico de Verlhust [Ensayo de screening]. Los puntos muestran los resultados experimentales y las líneas predichos por el modelo.

Tabla 5: Resultados de los parámetros de crecimiento obtenidos mediante la modelización

EXPERIMENTO	Control	1P	2P	4P	8P	16P	32P
Xm (mg SS /L)	164,38	294,29	289,627	265,565	313,495	311,94	315,07
μ(h^{-1})	0,00649	0,00797	0,0065	0,008201	0,0069	0,00657	0,0068
Producción (mg SS/L.h)	1,07	2,35	1,88	2,18	2,16	2,05	2,14

Los resultados de este screening determinaron que:

- El agua residual (1P) no fue tóxica para el alga porque su crecimiento fue mayor que en medio Combo. Si se observó que era deficitaria en fósforo para el contenido de N que contiene esta agua residual. La cantidad de nitrógeno amoniacal que es suficiente como aporte de nitrógeno para asegurar un crecimiento importante de la biomasa de microalgas y superior a la observada para el control de Combo.

- Se observa que el crecimiento de biomasa es prácticamente idéntica en todos los ensayos en que se varía la concentración de fosfato, manteniendo constante la concentración de amonio. La productividad para las diferentes ratios N/P es prácticamente la misma.

- Esta conclusión ha sido determinante para el diseño y ejecución del escalamiento a fotobiorreactores de 1litro con las mismas condiciones nutritivas e incluyendo la aireación. Este ensayo ha permitido realizar una mejor comparativa de productividades y determinar la dosis óptima del fosfato añadido.

b. Ensayo en fotobiorreactores**:** Para este ensayo se obtuvo valores de crecimiento máximo (Xm) de 536,70 mg SS/L (2P) y 297,34 (mg SS/L) obteniéndose el valor mínimo en (8P) pero en un tiempo más reducido (200 horas) (figura 3).

c.

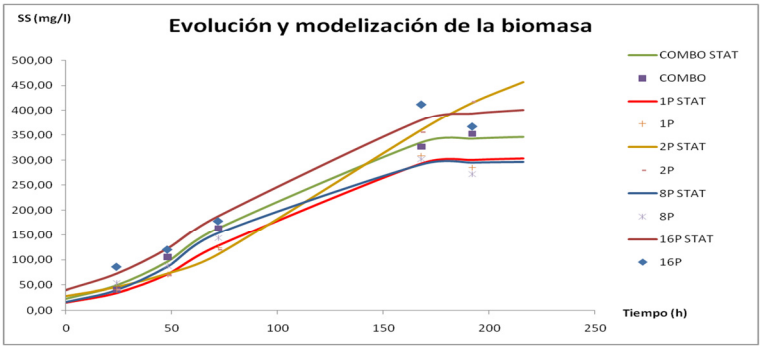


Figura 3: Evolución y modelización de la biomasa con modelo logístico de Verlhust [Ensayo en reactores de 1litro]. Los puntos muestran los resultados experimentales y las líneas predichos por el modelo.

Tabla 6: Resultados de los parámetros de crecimiento obtenidos mediante la modelización

EXPERIMENTO	Control	1P	2P	8P	16P
Xm (mg SS /L)	348,66	304,98	536,703	297,34	408,53
μ(h^{-1})	0,0348	0,03636	0,0214	0,04	0,0287
R^2	0,996	0,992	0,998	0,915	0,976
Producción (mg SS/L.h)	12,13	11,09	11,48	11,89	11,72

A partir de los datos de la tabla 6, la productividad máxima se alcanzó en los reactores 8P y 16P con valores de 285,4 y 281,4 mg·L^{-1}·dia^{-1} respectivamente.

2.2.2. Eliminación de Amonio y fosfato.

Las siguientes gráficas muestra la evolución de N y P a lo largo del ensayo.

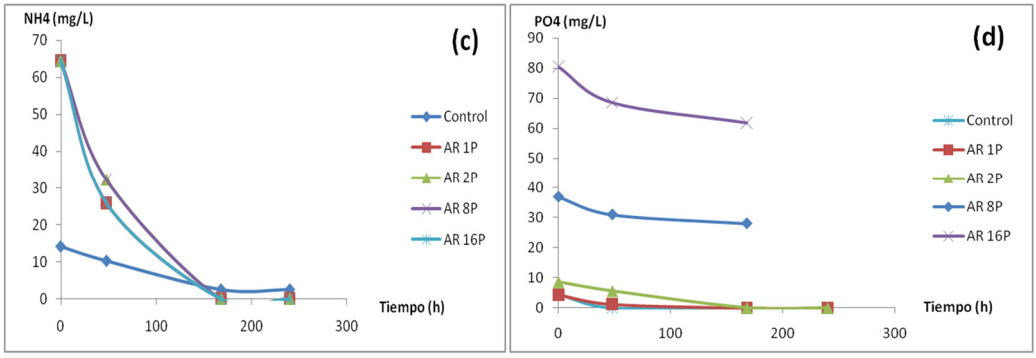


Figura 4: Evolución con respecto al tiempo de la concentración de amonio y de fosfato en reactores de 1 litro

Se observan reducciones considerables de N y P, alcanzándose en todos los ensayos y en 7 días, concentraciones próximas al límite de detección del método analítico (0,010 mg/L N) y por tanto, una eliminación de prácticamente el 100%. El P se redujo en 10 días en un porcentaje de 29% y 22% en los reactores 8P y 16P respectivamente y una eliminación completa en el resto de los ensayos.

3. Conclusiones.

Los resultados de este estudio muestran que en principio, la tecnología basada en microalgas para la depuración de estas aguas residuales industriales es factible alcanzándose valores de biomasa considerable.

La línea de trabajo futuro con estas aguas residuales se ha orientado en la ampliación del número de estudios mediante un mayor escalamiento de los reactores al objeto de determinar con mayor exactitud la productividad potencial, el cultivo en continuo, estudios de la calidad de la biomasa con el objetivo de valorizarla y un análisis económico del proceso.

Agradecimiento.

Este proyecto ha sido financiado por la agencia española de cooperación internacional (código A/023169/09).

Referencias.

[1] European Commission Directive 98/15/EC of 27 February 1998. Official Journal of the European Communities. (1998).
[2] Hoffmann, J. P., 1998. "Wastewater treatment with suspended and non suspended algae''. Journal of Phycol. 34, (pp 757–763).
[3] Mallick, N., 2002. "Biotechnological potential of immobilized algae for wastewater N, P and metal removal: A review''. Biometals. 15, (pp 377–390).
[4] Faulkner, D.J. (1986). "Marine natural products''. Nature Prod. Rep. 3: (pp 1-31)
[5] Markov, S. A., P. F. Weaver, and M. Seibert, (1998) "Spiral tubular bioreactor for hydrogen production by photosynthetic microorganisms: Design and operation''. Fuel Energy Abstracts Jan: 25
[6] Wang, B., Li, Y., Wu, N., Lan, C. Q., 2008. "CO2 bio-mitigation using microalgae''. Appl Microbiol Biotechnol. 79, (pp707–718).
[7] Gonzales, L.E., Cañizares, R.O., Baena, S., 1997. "Efficiency of ammonia and phosphorus removal from a Colombian agroindustrial wastewater by the microalgae Chlorella Vulgaris and Scenedesmus dimorphus''. Bioresource Technol. 60, (pp259-262).
[8] De La NOUE and DE PAUW 1988, "The potential of microalgal biotechnology: a review of production and uses of microalgae''. Biotech. Adv. Vol. 6, (pp. 725- 770).
[9] Proulx D, De la Noüe J. "Removal of macronutrients from wastewater by immobilized microalgae''. In: Moo-Young M, editor. Bioreactor immobilized enzymes and cells: fundamentals and applications. New Yord: Elsevier Applied Science, 1988. (pp 64-70).
[10] Liu et al. "A mathematical model for gluconic acid fermentation by Aspergillus niger''. Biochemical engineering journal. (2003) (pp137-141).
[11] Verhulst, P. F., 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Corr. Math. Phys. 10, (pp113-121)

Eliminación de fármacos en las aguas naturales mediante el tratamiento con ozono

M.J. Quero[1] A. Acevedo[1], Valenzuela A[2]. J.M. Quiroga[1]

[1] Dpto. Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de Cádiz, C/Avenida Republica Sharawi s/n. Cód. Postal 11510, Puerto Real, Cádiz. maria.quero@uca.es

[2] Ingeniería del Ozono, S.L., Conde de Guevara 5, nave 2 , Poligono Industrial El Palmar, El Puerto de Santa María, Cód. Postal 11500, Cádiz. alvaro@ingenieriadelozono.es

Abstract. Recent studies have revealed the presence of pharmaceuticals in water resources used to produce drinking water at concentrations of µg/l. The present work want study the removal of ibuprofen by the important that this drug have in the population (pharmaceutical industries, human consumption, surplus and use animal industries among others) and their presence in the aquatic environment (rivers and groundwater) due to multiple origins. The treatment with ozone was carried out in a pilot plant. This plant had a column and a maze of reaction, an ozone generator and a sensor of dissolved ozone in water. The plant will study the degradation of the compound to work with volumes of 20 liters of Millipore water type at a concentration of 1 ppm of ibuprofen. The identification of the compound was performed using high performance liquid chromatography (HPLC) and detection by UV at 220 nm. Prior to using the HPLC, samples were subjected to a process of concentration through extraction cartridges (SPE) and filtration to remove impurities. The degradation of ibuprofen in water was achieved in our studies up to 99% with a concentration of gaseous ozone of 14-gN/m3

Keywords: ibuprofeno, treatment, natural water, ozone.

1. Introducción.

Es conocido que tanto las aguas de los ríos como la de los lagos y mares contienen una gran variedad de compuestos contaminantes que pueden llegar al agua potable suministrada a los ciudadanos si no han contado con un tratamiento previo adecuado para su total eliminación.

Una de las familias de compuestos que están acaparando el interés de las investigaciones son los fármacos. Analgésicos, antiinflamatorios, anticonceptivos, antibióticos y productos diversos que llenan nuestros botiquines acaban, en última instancia, en el medio ambiente al ser introducidos en las aguas residuales a través de la excreción, procesos de fabricación y vertidos incontrolados de medicamentos caducados [1]. El problema se halla en que no es posible la eliminación de estos residuos farmacológicos cuando estas aguas residuales se enfrentan a los tratamientos convencionales de las estaciones depuradoras de aguas residuales, viajando, gran parte de estos principios activos hasta los ríos, lagos, mares, acuíferos y, al final, aunque en cantidades muy pequeñas, terminan llegando a los distintos hogares [2].

Por todo lo comentado anteriormente se ha abordado el presente estudio, con el fin de conseguir la eliminación de una serie de fármacos, que por su frecuente uso, se encuentran en las agua superficiales (el ibuprofeno, la azithromicina, y el colfíbrico) mediante tratamiento con ozono, así como optimizar todas las variables del proceso

2. Desarrollo del problema.

Como ya comentamos anteriormente, en la actualidad contamos con un problema al presentar nuestras aguas naturales una cantidad importante de residuos farmacológicos ante la imposibilidad de su eliminación con los tratamientos convencionales, de ahí que hayamos decidido abrir una línea de investigación basada en el empleo del ozono como tratamiento para eliminar estos residuos. Para dar solución a este problema ha sido necesario elaborar una planta piloto donde llevar a cabo los experimentos y una serie de ensayos que nos permitan conocer las ventajas y/o desventajas del empleo de este tratamiento.

2.1. Planta Piloto

La planta fue diseñada conforme a las referencias bibliográficas halladas y con el asesoramiento del grupo de ingenieros de la empresa Zonosistem, Ingeniería del Ozono S.L encargados de su elaboración en colaboración con el Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz. La estructura de la planta piloto es la descrita a continuación y puede apreciarse en la Figura 1

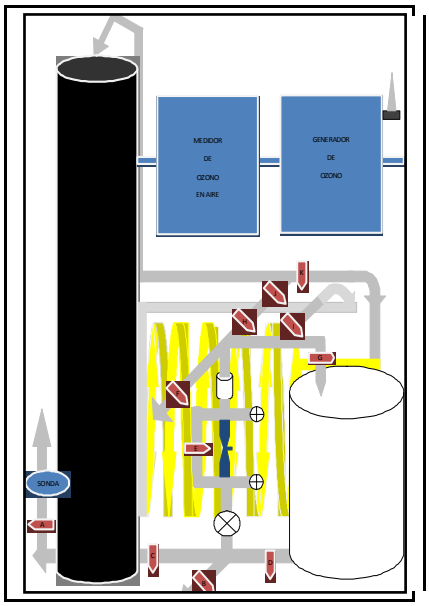


Figura 1: Representación gráfica de la planta piloto

2.1.1 Columna de contacto

Posee, como puede apreciarse una torre de contacto de polietileno sellada por ambos extremos, con una altura de 176 centimetros y un diámetro de 52 centimetros. Cuenta con dos orificios en la parte

superior y otros dos en la parte inferior. Los orificios de la parte superior están destinados a la salida del ozono residual y a la entrada de agua. mientras que los de la parte inferior a dar movimiento al agua del tratamiento

2.1.2 *Laberinto de contacto*

Un laberinto de contacto, constituido por un conjunto de tuberías que permiten un aumento de tiempo de contacto entre el ozono y el agua y una mejor difusión del gas. Este es un paso previo a la columna de tratamiento

2.1.3 Bomba centrífuga

Tal y como puede apreciarse la planta cuenta con una bomba responsable de hacer pasar el agua por todo el sistema. Esta bomba viene definida por las características mostradas en la Tabla 1.

Ebara			**CE**
Tipo Fesx M6			
Q= 5-45 l/min	*H= 31,5-13,5m*		*Hmax= 36*
V- 230-240			*Hmin=13,5*
P2= o,44 KW	*Hp= 0,6*	*Hz=50*	*A= 2,4*
P1= 0,54 KW	*Phase 1*	*min-1 =2800*	*Tmax. Liq=60 ºC*
microF= 10	*Vc= 450*	*IP= 54*	
In C F S1	*Kg= 5,5*		*P/Nº= 1690060000*

Tabla 1. Carácterísticas de la bomba

2.1.4 Dispositivo tipo venturi

Este es el responsable de suministrar el ozono al sistema.

2.1.5 *Reactor de burbuja*

El reactor de burbuja es el encargado de asegurar la difusión del ozono aumentando el tiempo de contacto con el agua; cuenta con un cilindro con un sistema de espiral en su interior que hace que al penetrar el gas dentro de la estructura por su parte inferior las burbujas se desplacen a modo de un tobogán invertido por los espirales hasta llegar a la sección superior de la unidad totalmente disueltas.

2.1.6 *Medidor de ozono en agua*

Se trata de un sensor de ozono disuelto modelo M200 suministrado por la casa comercial Metter-Toledo Thornton que permite conocer en cada instante la cantidad de ozono disuelto en agua.

2.1.7 *Medidor de ozono en aire*

Mediante este sensor podemos conocer la concentración de ozono gaseoso con la que se ha trabajado en cada unos de los experimentos. Este medidor modelo Mini Hicon Ozono Analizar. ha sido suministrado por la casa comercial INUSA, Ozono Analyzer .

2.1.8 *Caudalímetros*

Nuestra planta cuenta con dos caudalímetros, uno de agua y otro de aire, aunque tienen diferentes funciones están constituidos por un cono transparente invertido con una bola plástica en su base. Estos caudalímetros permiten conocer la cantidad de aire y agua que se esta introduciendo en el sistema. El caudalímetro de oxigeno se conoce como un rotametro de mecánica visual. Pertenece al modelo ST-C-100-15 y fue suministrado por STAG S.A y posee una capacidad de medida de entre 0 y 15 lpm de oxigeno. El caudalímetro o rotametro de agua es conocido también como un rotametro de mecanica vistual. Pertenece al modelo Fritz-Muller-Str 6-8, D 74653 Ingelfingen y posee una capacidad de medida de 200 a 2700 litros por hora. Tiene una presión de 10 bares.

2.1.9 *Eliminadores de humedad*

Posee un filtro de carbón activo y un deshumificador para evitar problemas en la producción del ozono por la humedad del aire.

2.1.10 *Generador de ozono*

El generador utilizado en los ensayos corresponde al modelo GZ15 suministrado por la empresa Zonosistem, Ingenieria del Ozono S.L. El ozono es generado por descarga en corona de alta frecuencia mediante un aporte de oxigeno ambiental. Tiene una capacidad de producción de 15 g/h de ozono. La concentración de ozono gaseoso generado se mide en continuo con la ayuda del medidor de ozono gaseoso. .

2.2. Procedimiento de trabajo

En cada ensayo se toman 20 litros de agua MRo y se introducen en el reactor mediante bombeo. Por la parte superior de la columna, a través de un pequeño orificio, se añade el contaminante diluido previamente en un volumen de 0,2 ml de una disolución 70A/30B de metanol (A) y agua MiliQ (B). Una vez homogenizada la mezcla, dándole un tiempo óptimo de agitación, previamente estudiado, se procede a la toma de una muestra antes de someter la mezcla a su correspondiente tratamiento con ozono. La toma de muestras es llevada a cabo al inicio y fin del tratamiento. Ambas muestras son sometidas a un ajuste de pH entorno a 2 para a continuación hacerlas pasar a través de un cartucho de

SPE con la ayuda de un vacío suave. La tasa de flujo de la muestra en el cartucho es de 10 ml/ min, previo al paso de la muestra los correspondientes cartuchos son acondicionados haciendo pasar a través de ellos, 8 ml de metanol, 8 ml de acetona, y 15 ml de agua MiliQ sucesivamente. Una vez acondicionados, se hacía pasar la muestra para posteriormente ser secados con la ayuda de nitrógeno seco. Una vez los cartuchos se encontraban completamente secos el compuesto era recuperado con la ayuda de cuatro fracciones de 2 ml de metanol. El disolvente recogido es evaporado con una suave corriente de nitrógeno y el residuo disuelto inmediatamente en 1ml de disolución 70A/30B y conservado a una temperatura de 80ºC bajo cero, hasta el análisis. De esta forma se han conseguido recuperaciones del fármaco, entre el 80% y el 90% (DE 5%), con un tiempo máximo de conservación de un mes.

La identificación de del ibuprofeno (IBP) se llevo a cabo conforme a los métodos públicados por Fabiola Mendez Arriaga [5]. Este método aparece ilustrado en la Tabla 2.

Time (min)	Flujo ml/min	%A	%B
0	1,5	70	30
20	Stop Data	70	30
Flujo de trajo		1 ml/min	
Volumen de muestra		20 µl	

Tabla 2. Método para la determinación en HPLC

Para cuantificar el fármaco se utilizó un cromatografo líquido de alta resolución (HPLC) que cuenta con un detector UV a 220nm y una columna C18 de la casa comercial Teknokroma de dimensiones 250 x 4,60 mm i.d., 5 µm.

Los eluyentes empleados son metanol (A) y agua MQ al 0,1% ácidificada con ácido ortofosforico (B).

2.3. Optimización de las variables de trabajo

En primer lugar se optimizó el procedimiento a seguir en los ensayos, para lo que hubo que calcular el optimo de cada una de las variables que poseían un mayor peso en el tratamiento, tiempo hidráulico de retención (THR), conductividad (X), temperatura (Tª) y uso del laberinto, trabajando con disoluciones de ibuprofeno de 1 mg/l.

3. Conclusiones.

Es posible la eliminación del Ibuprofeno como tal del agua mediante el tratamiento de ozono. El uso del laberinto en el sistema ayuda a conseguir mayores rendimientos a THR bajos (<10 min). Sin embargo para tiempos de retención altos el laberinto no mejora la eficacia de la oxidación. Pequeñas

variaciones de temperatura y conductividad durante el tratamiento predicen un mayor porcentaje de degradación.

Referencias.

[1] J.L. Santos, I. Aparicio, E. Alonso, Ocurrence and risk assessment of pharmaceutically active compounds in wastewater treatment plants. A case study: Seville city (Spain). Environment Internativonal, Vol 33, 2007, pp 596-601

[2] C. Zwiener et al. 2000. Oxidative treatment of pharmaceuticals in water. Water Research, Vol 34, Nº 6, pp 1881-1885

[3] Guten et al. 2006, Implications of sequential se of UV and Ozone for drinking water quality.Water Research, Vol. 40, pp. 1864-1876

[4] Rodríguez Vidal, F.J. 2003, Procesos de potabilización del agua e influencia del tratamiento de ozonización. Pp. 13-33

[5] Mendez Arriaga, F. et al, 2009, Abatement of ibuprofen by solar photocatalysis process: enhancment and sacle up. Catalysis Today, Vol. 144, pp. 112-116

[6] Belltrán J. at al. 1989, Henry´s Law constant for the ozone-water system. Water Research, Vol. 23, nº 10, pp. 1239-1426

Estudio del tratamiento antifouling en una central térmica de ciclo combinado

Daniel Rubio Mihi[1*], Enrique Nebot[1], J. Francisco Casanueva[1]

[1] Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, [2] Departamento de Maquinas y Motores Térmicos
Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Campus de Río San Pedro.
Puerto Real (Cádiz). España.

Abstract. The development of deposits on the cooling system, called "fouling", causes several problems. The increase of maintenance and operation costs is the most important problem. As a consequence of the fouling, the process of heat exchange could present a loss of efficiency. Sodium hypochlorite (NaClO) is frequently used as antifouling treatment on cooling water systems. This work assesses the influence of the season of the year on the fouling growth in the cooling system of a power plant located in the Bay of Algeciras (Spain). Furthermore, the effect of the cooling water flow intensity was studied. This power plant uses NaClO as antifouling treatment. The fouling growth shows an increase depending on the biological activity in seawater. Among the three studied stations, the fouling growth is higher in spring. On the other hand, the fouling growth is higher at low flows. The fouling composition is different depending on the cooling water velocity. The thermal resistance, R, is 50% lower for 2.2 m/s than for 1.4 m/s and 14% lower for 1.9 m/s than for 1.4 m/s.

Keywords: Fouling, Circuito de refrigeración, Hipoclorito sódico.

Nomenclatura.

A_o: superficie exterior del tubo (m2)
C_p: calor especifico del agua de mar en temperatura absoluta (J/kg K)
d_i: diámetro interno del tubo (m)
k: pendiente de la curva del modelo logístico.
R: Resistencia a la transferencia de calor global en la superficie externa del tubo (m2 K/W)
R_{max}: Resistencia a la transferencia de calor global máxima en la superficie externa del tubo (m2 K/W)
t: tiempo
t_{cwi}: temperatura de entrada del agua de refrigeración (ºC)
t_{hwi}: temperatura de entrada del agua de calefacción (ºC)
t_{cwo}: temperatura de salida del agua de refrigeración (ºC)
t_{hwo}: temperatura de salida del agua de calefacción (ºC)
U: coeficiente de transferencia de calor global referido a la superficie externa (W/m2 K)
v: velocidad del agua de refrigeración marina (m/s)
ρ: densidad del agua de mar (kg/m3)

1. Introducción.

El fouling es la formación de depósitos no deseados sobre una superficie en contacto con agua. En los intercambiadores de calor utilizados en la industria, el principal problema del fouling es la reducción en la transferencia de calor y la consiguiente pérdida de eficacia térmica, aumento del mantenimiento de la instalación y mayores costes operativos debido al incremento de las limpiezas, el reemplazo prematuro de equipos y las paradas no programadas [1].

Algunos biocidas se emplean como agentes antifouling para reducir la acumulación de depósitos [2], entre ellos el Hipoclorito sódico (NaClO) es el agente antifouling mas común debido a su bajo costo y alta efectividad, sin embargo se han reconocido efectos tóxicos graves en organismos marinos como consecuencia del poder oxidante del cloro [3]; [4]; [5]. De acuerdo con el uso de las Mejores Tecnologías Disponibles (BAT´s), es importante encontrar nuevos tratamientos antifouling seguros para el medio ambiente que no produzcan residuos tóxicos en las aguas de refrigeración.

Las centrales térmicas están sujetas a normativas de vertido cada vez más restrictivas, suponiendo una prioridad para este tipo de industria el estudio de nuevas soluciones para controlar las incrustaciones y la optimización de los tratamientos ya existentes.

El objetivo de este trabajo es optimizar la dosificación de hipoclorito sódico y evaluar tratamientos alternativos basados en aumento de velocidad de paso del agua y cloración por pulsos. La medida de la resistencia a la transferencia de calor (R) y las medidas directas del fouling (peso seco, espesor y composición) sirvieron para comparar y evaluar los distintos tratamientos.

La experimentación se llevó a cabo empleando la Planta Piloto CLOROMAR situada en la Central de Ciclo Combinado “Campo de Gibraltar” (San Roque, Bahía de Algeciras). La planta piloto pertenece al Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz.

2. Desarrollo del problema

2.1. Material y métodos

Los experimentos se realizaron en la planta piloto CLOROMAR, especialmente diseñada para simular el intercambiador de calor de una central térmica costera. La planta consta básicamente de un intercambiador de calor de carcasa y tubos, con 5 tubos de titanio de 3100 mm de longitud situados dentro de una carcasa de PVC. El agua de mar utilizada para refrigerar circula por el interior de los tubos de titanio en solo paso. La planta posee válvulas automáticas de control que permiten mantener el caudal fijado además de sensores de temperatura, presión y redox que registran estos datos de manera continua. La descripción completa y detallada de las características de la planta piloto y los diferentes componentes se pueden encontrar en [2] y [6].

Se llevaron a cabo 3 experimentos, cada uno en estaciones diferentes del año (invierno, otoño y primavera), con una duración aproximada cada una de 60 días, partiendo de tubos completamente limpios. En cada uno de los experimentos se empleó el mismo tratamiento de la central térmica, dosificación de NaClO y velocidad de paso 1.9 m/s.

Para estudiar el efecto de la velocidad del agua de refrigeración se realizó un experimento con una duración similar a los anteriores. Se trabajo con distintas velocidades de paso en los tubos del intercambiador, evaluando 3 velocidades: 1.4 m/s, 1,9 m/s (velocidad en el intercambiador de la central) y 2.2 m/s. La dosificación de hipoclorito fue igual en todos los tubos.

El último experimento sirvió para comprobar la eficacia antifouling al dosificar un pico diario de hipoclorito sódico de 0.4 mg/l durante 60 minutos en el agua de refrigeración frente al tratamiento que utiliza la central. La duración del experimento fue de 60 días y se partió de tubos limpios sin ningún tipo de incrustación.

En todos los experimentos realizados se registraron de forma automática señales procedentes de los diferentes sensores de presión diferencial, de temperatura, redox y de caudal.

Finalizados los experimentos se realizaron una serie de medidas directas sobre el fouling acumulado, consistentes en la extracción de las incrustaciones del interior de los tubos de titanio y análisis de parámetros como: (A) El volumen húmedo del fouling, utilizando como decantador un cono imhoff, (B) peso seco del material extraído y (C) composición elemental (C,H,N,S), utilizando un analizador elemental LECO CHNS-932.

El seguimiento de la evolución del fouling durante la experimentación se realizó mediante la medida indirecta de la resistencia a la transferencia de calor (R). La resistencia a la transferencia de calor global (suma de las resistencias por conducción y convección) se determina fácilmente para cada tubo de la planta de conformidad con la siguiente ecuación:

$$R = U^{-1} = \frac{A_0 \cdot [(t_{hwo} - t_{cwi}) + (t_{cwo} - t_{cwi})]}{\frac{\pi}{4} \cdot d_i^{\,2} \cdot v \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_{cwo} - t_{cwi}) \cdot \ln \frac{t_{hwo} - t_{cwi}}{t_{hwi} - t_{cwo}}} \ (\mathrm{m^2\ K/W})$$

La resistencia a la transferencia de calor se calculó y monitorizó mediante software (SCADA) para cada uno de los tubos utilizando los valores de las variables registradas (caída de presión, caudales y temperaturas). El aumento de este coeficiente permite observar la evolución del fouling en el interior de los tubos [2]; [6]; [7]. Además, la evolución de R se ajustó mediante el modelo logístico propuesto en [7], calculando diversos parámetros cinéticos y estadísticos. A continuación se presenta la ecuación del modelo logístico:

$$\frac{dR}{dt} = k(R_{\max} - R) * R$$

2.2. Resultados

2.2.1. Seguimiento estacional del tratamiento de la central.

La Tabla 1 muestra las medidas directas realizadas sobre el fouling en las 3 experiencias que se realizaron.

Estación	Mat. Total (mg)	Mat. Orgánica (mg)	Mat. Inorgánica (mg)	Volumen Húmedo (cm3)	Espesor (µm)	Concentración media NaClO (mg/l)
Invierno	220	56.3	163.7	5.5	44	0.12
Otoño	250	52.8	197.2	3.2	25	0.11
Primavera	400	114.5	285.5	10.5	83	0.10

Tabla 1. Análisis de las diferentes propiedades del fouling

Los resultados del análisis del fouling muestran como, para tratamientos similares con hipoclorito sódico, existen diferencias entre la cantidad de materia extraídas para las diferentes estaciones. En primavera es donde más cantidad de fouling se obtiene como consecuencia de una mayor actividad biológica en el medio marino. Por esta misma razón, es en primavera donde encontramos mayor porcentaje de materia orgánica en el fouling, alcanzando valores de un 29%, por encima del 25 % que se alcanza en el resto de estaciones.

En la Figura 1 se representan los valores de R para cada una de las estaciones durante los 60 días de experimentación.

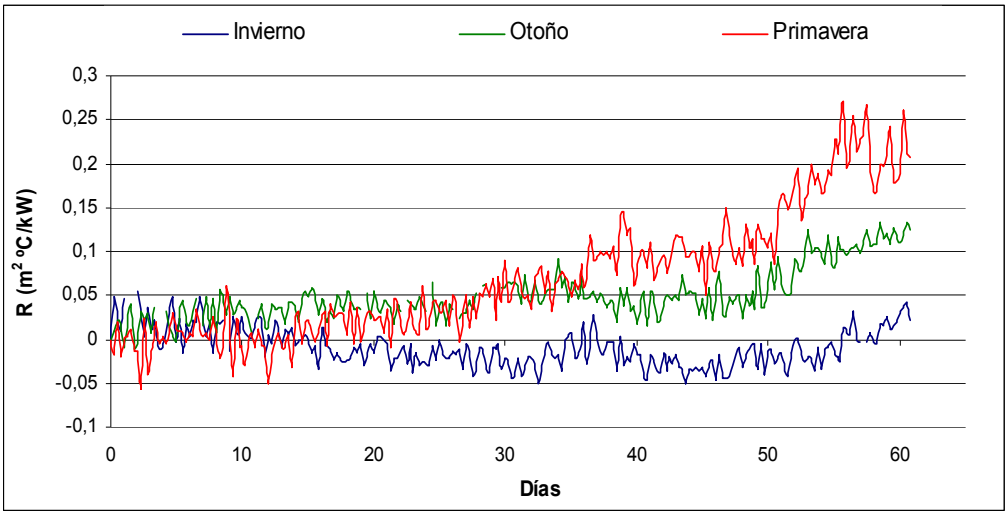


Figura1. Valores de la resistencia a la transferencia de calor durante las cuatro estaciones

En invierno la acumulación de fouling no es lo suficientemente importante como para que se vea afectada la transferencia de calor. En el resto de estaciones se observa como R muestra una tendencia creciente a partir del día 15, indicativo de que se está formando una pequeña capa de fouling, alcanzando valores máximos para le estación de primavera.

2.2.2. Velocidad de paso por los tubos.

La Tabla 2 muestra las medidas directas realizadas sobre el fouling en la experiencia que se realizó con diferentes velocidades de paso por el interior de los tubos.

	1.4 m/s	1.9 m/s	2.2 m/s
Volumen fouling (cm^3)	13.25	9.75	8.5
Materia total (mg)	740	350	210
Espesor (µm)	105	77	67
Materia orgánica (%)	22.5	30.5	42.6
Materia inorgánica (%)	77.5	69.5	57.4

Tabla 2. Análisis de diferentes propiedades del fouling.

Las medidas directas sobre el fouling extraído muestran como el aumento de la velocidad de paso hasta 2.2 m/s disminuye hasta en un 38% las incrustaciones en el interior de los tubos. Por el contrario, disminuir la velocidad de paso hasta 1.4 m/s multiplica por dos la cantidad de materia acumulada en la superficie interna de los tubos. Existe una relación indirecta entre la velocidad y el porcentaje de materia inorgánica que compone el fouling, a medida que aumenta la velocidad de paso del agua de refrigeración por los tubos se dificultan los procesos de deposición y precipitación de los compuestos inorgánicos que contiene el agua.

Los parámetros resultantes de aplicar el modelo logístico sobre los datos de R se muestra en la Tabla 3. AR_{max} es la resistencia a la transferencia de calor máxima calculada con el modelo; k es la pendiente de la curva resultante de aplicar el modelo; $\Sigma(Pred\text{-}Obs)^2$ el error resultante del modelo; r^2 nos indica la bondad el ajuste y $t_{1/2}$ el tiempo necesario para la formación de la mitad de la película de fouling

Velocidad (m/s)	AR_{max}	**k**	**$\Sigma(Pred\text{-}Obs)^2$**	**r^2**	**$t_{1/2}$ (días)**
1.4	0.241	0.822	0.080	0.886	27.71
1.9	0.217	0.593	0.028	0.932	41.86
2.2	0.134	0.813	0.014	0.891	44.99

Tabla 3. Parámetros modelo.

Se aprecia un aumento en el ARmax a medida que disminuye la velocidad de paso. Trabajar con velocidades mayores a 1.9 m/s favorece de manera considerable el intercambio de calor y con ello el proceso de refrigeración. Entre utilizar 1,4 m/s y 1.9 m/s no hay diferencias considerables en el ARmax, si hay diferencia en el tiempo necesario para formar la mitad de la película, siendo de 27.71 días para velocidad de paso de 1.4 m/s y de 41.86 días para 1.9 m/s. Velocidades pequeñas inducen un crecimiento más rápido del fouling en el interior de los tubos del intercambiador de calor.

2.2.3. Tratamiento con pico diario de NaClO.

Analizado el fouling extraído tras la experiencia se obtuvieron los siguientes resultados que aparecen en la Tabla 4.

	Tratamiento central	Pico diario
Volumen fouling (cm^3)	4.0	2.25
Materia total (mg)	210	130
Espesor (µm)	32	18

Tabla 4. Análisis de diferentes propiedades del fouling.

Los resultados de los análisis muestran como el tratamiento alternativo con un pico diario de 0.4 mg/l durante 60 minutos en uno de los tubos del intercambiador disminuye en un 38% la cantidad de materia incrustada en los tubos comparado con el tubo con el tratamiento de la central.

Aunque se aprecian diferencias en cuanto a la cantidad de fouling acumulado, los valores máximos de R obtenidos tras aplicar el modelo son similares para los dos tratamientos. Si se observa que inyectar un pico diario de hipoclorito retrasa el crecimiento del fouling.

Tratamiento	AR_{max}	k	$\Sigma(Pred-Obs)^2$	r^2	$t_{1/2}$ (días)
Central	0.180	0.751	0.067	0.823	38.40
Pico diario	0.177	0.648	0.078	0.887	45.13

Tabla 5. Parámetros modelo.

3. Conclusiones

Los resultados mostraron un crecimiento de fouling en todas las estaciones del año en las que se experimentó, resultando más problemático en aquellas con mayor actividad biológica en el medio marino. En primavera se obtuvo hasta un 40% más de fouling que en el resto de las estaciones, alcanzándose los valores máximos de resistencia a la transferencia de calor (R).

El aumento de la velocidad de paso del agua por los tubos del cambiador de calor disminuye el crecimiento de fouling, obteniéndose valores de R hasta un 38% menores. La velocidad del agua de refrigeración influye también en la composición del fouling, existiendo una relación indirecta entre velocidad y porcentaje de materia inorgánica depositada.

La dosificación de hipoclorito por pulsos aunque disminuye la cantidad de fouling que se forma en el interior de los tubos del condensador, no mejora de manera significativa la transferencia de calor.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Central de Ciclo Combinado “Campo de Gibraltar” propiedad de Nueva Generadora del Sur (San Roque, Cádiz, España) por la ayuda prestada y facilitarnos el trabajo. Este trabajo de investigación ha sido financiado por los proyectos OT2007/127 y CTM2009-09527. Responsable: Enrique Nebot.

Referencias

[1] Characklis, W.G. 1990. Biofouling: effects and control. In: Flemming, H.C., Geesey, G.G., editors. Biofouling and biocorrosion in industrial water systems. Springer-Verlag. p. 7-28.

[2] Nebot, E., Casanueva, J.F., Casanueva, T., Fernández-Bastón, M.M., Sales, D. 2006. In situ experimental study for the optimization of chlorine dosage in seawater cooling systems. Applied Thermal Engineering 26: 1893–1900.

[3] BREF, 2000. Reference document on the application of best available techniques to industrial cooling systems. European IPPC Bureau, European Commission, pp. 1-312.

[4] López-Galindo, C., Vargas-Chacoff, L., Nebot, E., Casanueva, J.F., Rubio, D., Solé, M., Mancera, J.M. 2010a. Biomarker responses in Solea senegalensis exposed to sodium hypochlorite used as antifouling. Chemosphere, 78: 885–893.

[5] López-Galindo, C., Vargas-Chacoff, L., Nebot, E., Casanueva, J.F., Rubio, D., Mancera, J.M Solé, M. 2010b. Sublethal responses of the common mussel (Mytilus galloprovincialis) exposed to sodium hypochlorite and Mexel®432 used as antifoulants. Ecotoxicology and Environmental Safety, In press..

[6] Casanueva, J.F., Sánchez, J., García-Morales, J.L., Casanueva-Robles, T., López, J.A., Portela, J.R., Nebot, E., Sales, D. 2003. Portable pilot plant for evaluating evaluating marine biofouling growth and control in heat exhangers-condensers. Water Science Technology, 47: 99-104.

[7] Nebot, E., Casanueva, J.F., Casanueva, T., Sales, D., 2007. Model for fouling deposition on power plant steam condensers cooled with seawater: Effect of water velocity and tube material. International Journal of Heat and Mass Transfer 50, 3351–3358.

Estudio de la viabilidad de tratamiento de aguas residuales industriales con microalgas: Ensayos de screening con las especies *Scenedesmus obliquus* y *Chlorella Vulgaris* en aguas residuales industriales de alto contenido en nitrógeno y metales pesados

Tapiador Álvarez, Brenda; F.Z. Mennaa, Perales Vargas-Machuca, José Antonio, Garrido Pérez, Mª del Carmen

[1] Departamento de Tecnologías del medio Ambiente, Universidad de Cádiz, Dirección Avenida Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España, brenda.tapiadoral@alum.uca.es

Abstract. The microalgal strains *Scenedesmus obliquus* (Cepa SAG 276-10) and *Chlorella vulgaris* (Cepa SAG 211-12) were cultured in synthetic growth medium and industrial wastewater with a high concentration in nitrogen and heavy metals with the aim of to determinate the toxicity of the wastewater and its potential productivity. For this, two screening test in batch were made in serial dilution of the wastewater (1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32). The tests were conducted in controlled conditions of temperature and illumination. Each dilution was tested triplicate and in two nutrients concentrations. Industrial wastewater without dilution was toxic for the microalga but the dilution 1/2 was enough to reduce the toxicity. The wastewater is deficient in phosphorous so it is necessary to add other nutrients to the media for the biological activity of the microalga. *Scenedesmus* showed a higher productivity than *Chlorella* in all the dilutions and a higher capability to treat the wastewater.

Keywords: Industrial wastewater, nitrogen, heavy metals, microalga.

1. Introducción

El estudio de las tecnologías de producción de microalgas ha tenido un gran auge en los últimos años [7]. Este auge proviene de la potenciación a nivel nacional de la investigación en energías renovables y entre ellas, en la producción de biomasa algal como materia prima para la producción de biocombustibles [9]. Uno de los principales retos que tiene esta tecnología es el abaratamiento de los costes de producción.

Por otra parte, muchas aguas residuales urbanas e industriales contienen una gran cantidad de nutrientes los cuales son vertidos directamente al medio, o cuando las concentraciones son elevadas y los medios receptores son sensibles a la eutrofización, es necesario invertir grandes sumas en instalar tratamientos para la reducción de estas concentraciones hasta niveles de vertidos ambientalmente admisibles.

La línea de investigación de "Fotobiodepuración de aguas residuales" de la Universidad de Cádiz tiene como objetivo principal el estudio del potencial de depuración de aguas residuales de diferente naturaleza utilizando la tecnología basada en microalgas y utilizando como especies de ensayo [2],[3],[4],[5], no sólo algas con una adecuada capacidad de depuración y eliminación de nutrientes, sino también, que sean microalgas con algún interés económico (p.e. la producción de biocombustibles) al objeto de que el lodo obtenido en el proceso, sea una materia valorizable.

2. Desarrollo del problema

Se realizó el siguiente procedimiento experimental; para poder establecer una comparación del potencial de crecimiento de ambas especies en un agua residual industrial.

2.1 Microalgas

Las algas utilizadas son las especies *Scenedesmus obliquus* (Cepa SAG 276-10) y *Chlorella vulgaris* (Cepa SAG 211-12) obtenidas ambas de la colección SAG Culture Collection of Algae (Sammlung von Algenkulturen) de la Universidad de Göttingen en Alemania. Las algas se mantuvieron en el laboratorio en medio fresco Combo y en fase exponencial de crecimiento hasta su utilización en los ensayos. Las condiciones ambientales de mantenimiento de las cepas y de realización de los ensayos fue de 25 ºC e iluminación (luz blanca-fría; fotoperiodo luz/oscuridad 14/10).

2.2 Medios de cultivo

Los medios de cultivo utilizados durante los ensayos fueron el agua residual industrial y el medio de Combo [1] (Kilham y col., 1998) .

En la siguiente tabla se muestra la composición del agua residual industrial:

Elementos	[Al] µg/L	[Pb] µg/L	[Fe] µg/L	[Sb] µg/L	[Cd] µg/L	[Cu] µg/L	[As] µg/L	[Ni] µg/L	[Cr] µg/L	[Hg] µg/L
[] Agua Residual	37.5 (±1.3)	0.062 (±0.004)	80.0 (±0.3)	0.202 (±0.010)	0.140 (±0.020)	3.94 (±0.16)	0.342 (±0.007)	39.(0±1.0)	92.2(±1.0)	<0.150
Elementos	**NO_2 mg/L**	**NO_3 mg/L**	**PO_4 mg/L**	**NH_3 mg/L**	**pH**	**Condutividad mV**	**[Mn] µg/L**	**[Zn] µg/L**	**[Mo] µg/L**	**[Ag] µg/L**
[] Agua Residual	0,40	15	0,11	7,7	7,03	74	12.8(±0.2)	7.50(±0.24)	194 (±4)	<0.020

Tabla 1: Análisis del agua residual industrial.

A continuación se muestra la composición del medio Combo [1]:

Componentes	Concentración g/L dH2O	Cantidad utilizada
$NaNO_3$	85,01	1mL
$CaCl_2.2H_2O$	36,76	1mL
$MgSO_4.7H_2O$	36,97	1mL
$NaHCO_3$	12,60	1mL
$K2HPO_4$	8,71	1mL
HBO_3	24,00	1mL
KCl	7,45	1mL
Metales(traza)	(ver recipiente)	1mL
Vitaminas solución	(ver recipiente)	1mL

Tabla 2: Componentes del medio de cultivo ideal

2.3 Desarrollo experimental

Al tratarse de un screening se estudió el crecimiento de las algas seleccionadas en diferentes diluciones del agua residual para determinar el alga con mayor productividad, o en caso de existir, la presencia de algún inhibidor de crecimiento. El cultivo de algas en agua residual se realizó en las siguientes diluciones: 1:1, 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32.

Los experimentos se han llevado a cabo en tubos de vidrio de borosilicato de 16 mm diámetro y capacidad 10 mL. En cada uno de los tubos se añadió 4 mL de agua residual de ensayo y 0,5 mL de inóculo de microalgas. La iluminación se realizaba lateralmente mediante 2 lámparas fluorescentes (). El fotoperiodo aplicado a los tubos fue luz/oscuridad 14/10; y se mantuvieron en incubación durante 25 días en condiciones controladas de temperatura a (25 ºC). Cada muestra se ensayó por triplicado.

Además el screening se realizó a dos condiciones: (1) limitación de nutrientes, es decir en la concentración de nutrientes resultante de la dilución de la muestra; (2) en condiciones no limitantes de nutrientes mediante la adición a cada tubo de una cantidad suficiente de medio Combo de crecimiento el cual contiene además de nitrógeno y fósforo en cantidades no limitantes, macronutrientes (Ca, Mg, Na, K), micronutrientes (metales traza) y vitaminas.

2.4 Seguimiento de la biomasa

Inicialmente, y cada 24 horas durante todo el ensayo, se determinó la biomasa de los tubos mediante medidas de densidad óptica a 680 nm en un colorímetro con adaptador de tubos para medidas directas de absorbancia (Aquagem, Jenway). Estas medidas se absorbancia se tradujeron a "sólidos en suspensión" mediante la aplicación de rectas de calibración realizadas previamente con los cultivos.

A continuación se realizan los cálculos de sólidos en suspensión obteniendo las siguientes ecuaciones:

	Chlorella Vulgaris	Scenedesmus
Ecuación	**SS(g/L)**=322,78***ABS** – 25,233	**SS(g/L)**=352,16***ABS** – 19,67
R^2	0,9897	0,9956

Tabla 3: Ecuaciones obtenidas del ajuste lineal de las diferentes algas

2.5 Modelización del crecimiento y parámetros cinéticos

Se han determinado los coeficientes cinéticos en discontinuo de crecimiento de las microalgas utilizando el Modelo de Crecimiento Logístico de Verlhust, correspondiéndose con la siguiente ecuación:

$$\frac{dX}{dt} = \mu_m X \left(1 - \frac{X}{X_m}\right)$$

Siendo: t, tiempo de reacción (h)

X, concentración de biomasa en un instante t (g L^{-1})
X_m, máxima concentración de biomasa alcanzada (g L^{-1})
μ_m, máxima velocidad específica de crecimiento (h^{-1})

Con los datos obtenidos al cabo de los 25 días de ensayo, se modelizó el crecimiento de la biomasa en cada dilución y para ello se utilizó el modelo logístico de crecimiento de Verlhust.

A partir de los valores obtenidos de Xm y µm de dichas algas, calculamos la producción máxima en las condiciones experimentales con la siguiente expresión:

$$P_{máx} = \mu_m \cdot X_m$$

Para obtener los parámetros cinéticos se utiliza el software STATISTICA.

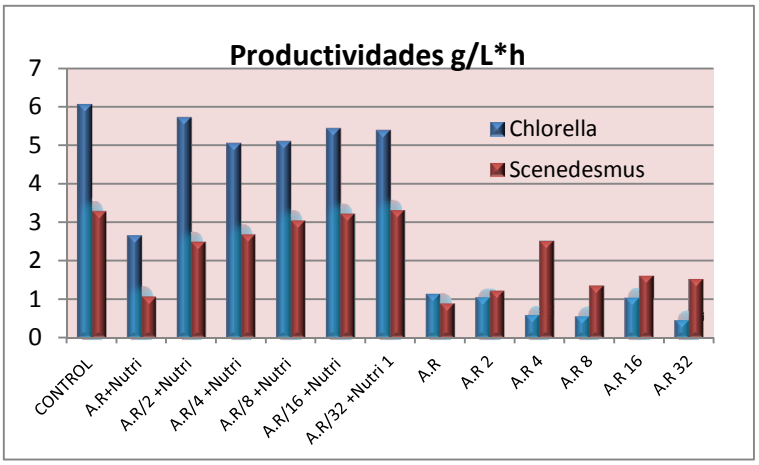
2.6 Resultados de las Microalgas estudiadas

Los valores obtenidos tras la modelización se muestran en la tabla 4.

PRODUCCIÓN (g/L*h)	*Chlorella*	*Scenedesmus*
CONTROL	6,05	3,278
A.R+Nutri	2,652	1,077
A.R/2 +Nutri	5,708	2,486
A.R/4 +Nutri	5,047	2,678
A.R/8 +Nutri	5,095	3,037
A.R/16 +Nutri	5,429	3,207
A.R/32 +Nutri 1	5,378	3,299
A.R	1,146	0,896
A.R 2	1,059	1,224
A.R 4	0,598	2,515
A.R 8	0,568	1,355
A.R 16	1,053	1,611
A.R 32	0,467	1,532

Tabla 4. Productividad de *Scenedesmus obliquus* and *Chlorella vulgari,*

En la siguiente gráfica se muestra la comparativa de productividades de las algas para cada dilución ensayada.



Como se puede observar en la comparación de las productividades de las 2 microalgas; cuando ambas se encuentran en un medio con nutrientes existe un aventajado crecimiento del alga *Chlorella Vulgaris*. Al establecer una visión general se puede valorar que en cada dilución con nutrientes se repite el mismo comportamiento, siendo siempre más productiva *Chlorella Vulgaris*.

Sin embargo cuando se cambian las condiciones y se establece una limitación de nutrientes vemos que el comportamiento es justo el contrario, *Scenedesmus obliquus* presenta una mayor productividad. Por lo que podemos decir que a la ausencia de nutrientes *Chlorella Vulgaris* es mucho más sensible.

Una vez realizada la comparación de todos los datos se ha determinado que la más productiva en todas las condiciones es las dilución 1:2 del agua residual con nutrientes. Ya que alcanza una productividad 5,708 g/L * h.

3. Conclusión

De este estudio se extrae la posible aplicación de diferentes algas para la obtención de biomasa, siendo la más productiva *Chlorella Vulgaris,* en una dilución de 1:2 y obteniéndose un productividad de 5,708 g/L * h.

A partir de estos resultados, tenemos como futuros proyectos utilizar dicha dilución para realizar el ensayo en reactores de 1000mL en discotinuo. Al aumentar la escala del ensayo nos permitirá poder medir otros parámetros diariamente como: Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Amonio y Metales además de la biomasa.

Con estos datos podremos determinar la depuración más óptima con este microalga y así dimensionar un equipo para la depuración real de esta agua en la industria.

Referencias

[1] Kilham S.S., Kreeger D.A.; Goulden C.E., Lynn S.G.(1997). "Effects of nutrient limitation on biochemical constituents of Ankistrodesmus falcatus". Freshwater biology 38(3), (pp. 591-596)

[2] Alvarez P., Trevisan L., Barragan J., Garrido C., Perales J.(2010). Comparación del crecimiento y eliminación de nutrientes de las microalgas *Chlorella Vulgaris y Botrycoccus braunii* en aguas residuales y medio sintético. Congreso Científico Internacional de Ingeniería, Tetuan 2010. ISBN_13: 978-84-693-0155-5. Edita Universidad de Cádiz.

[3] Ruiz J., El Kaddouri M., Garrido M.C., Barragan J., Bouyalaoui J., Perales J.(2010). "Estudio de la eliminación de nitrógeno y fosforo del efluente de estaciones depuradoras de agua residual urbana mediante la microalga *Chlorella Vulgaris."* Congreso Científico Internacional de Ingeniería, Tetuan 2010. ISBN_13: 978-84-693-0155-5. Edita Universidad de Cádiz.

[4] Zouhayr A., Barragan J., Garrido M.C., Perales J.(2010). "Efecto de la salinidad en la capacidad de eliminación de nutrientes, generación de biomasa y la fijación de CO_2 en la

microalga *Chlorella Stigmatophora."* . Congreso Científico Internacional de Ingeniería, Tetuan 2010. ISBN_13: 978-84-693-0155-5. Edita Universidad de Cádiz.

[5] Cacho L., Amieva J., Tejero I.(2007). " Estrategias de eliminación de sulfuro de hidrógeno con el reactivo IBS en un reactor biopelícula". Ingeniería del agua, Vol.14 (Nº 2).

[6] Faulkner, D.J.(1986). " Marine natural products". Nature Prod. Rep 3: (pp 1-31)

[7] Marcos von Sperling y Carlos Augusto de Lemos Chernicharo. "Urban wastewater treatment technologies and the implementation of discharge standards in developing countries". Urban Waster 4, 2002 (pp. 105-114)

[8] APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for examination of water and wastewaster (18th ed.). American Public Helth Association. Washington, DC (1992)

[9] European Comision Directive 98/15/EC of 27 February 1998. Official Journal of the European Communities (1998).

Initial setup of an experimental device of Oxic-Settling-Anaerobic activated sludge process (OSA process).

Aragón, C.A[1].; Romero, P[2]; Coello, Mª D[2].

[1] Foundation Centre for New Water Technologies (CENTA). Autovía Sevilla-Huelva km 28. Carrión de los Céspedes. Seville. Spain. (caragon@centa.es);
[2] Department of Environmental Technology, University of Cádiz, Plg. Río San Pedro s/n, Puerto Real, Cádiz, Spain. (pablo.romero@uca.es; dolores.coello@uca.es)

Abstract. The Oxic-Settling-Anaerobic activated sludge process (OSA process) is currently one of the most promising strategies to minimize the excess sludge production in wastewater treatment plants (WWTP) based on the activated sludge technology. In this study the performance of an activated sludge pilot plant operated under the OSA configuration has been assessed. According to the results, the excess sludge production can be reduced by near 40% by the implementation of an anoxic-anaerobic tank in the sludge recirculation line.

Keywords: OSA process, wastewater, activated sludge, excess sludge minimisation.

1. Introducción.

Actualmente, la producción de fango residual en los sistemas biológicos de tratamiento es uno de los más serios problemas encontrados en el tratamiento de las aguas residuales. La aplicación y cumplimiento de nuevas reglamentaciones ambientales (Directiva 2000/60/CE Marco de Aguas, Directiva 2006/7/CE de Aguas de Baño, etc.) a todas las aguas residuales generadas en el ámbito de la Unión Europea conllevará a un aumento en la cantidad de lodos residuales generados en las estaciones de tratamiento [1].

La producción de lodos es un proceso continuo que requiere salidas para su disposición final que sean flexibles, seguras, económica y medioambientalmente aceptables. Independientemente del destino final de los lodos de depuradora, éstos requieren al menos un tratamiento de estabilización (reducción de la materia orgánica) y deshidratación (eliminación del contenido en agua de los lodos). Posteriormente, estos residuos pueden ser sometidos a un tratamiento avanzado, tal y como se refleja en la Figura 1.

Uno de los principales problemas asociados a la gestión de los lodos de depuradora es el elevado coste de su tratamiento, el cual se ha estimado entre el 25 y el 65% de los costes de operación de las estaciones depuradoras [2] [3]. A parte, la gestión de los lodos también presenta dificultades desde el punto de vista ambiental y social (rechazo a la instalación de plantas de incineración o al uso de compost de lodos en agricultura).

A pesar de los intentos por mejorar los tratamientos de valorización de los lodos de depuradora, en la mayoría de los casos muy costosos, la creciente generación y acumulación de los mismos, y los limitados destinos finales, representa un problema importante que urge resolver.

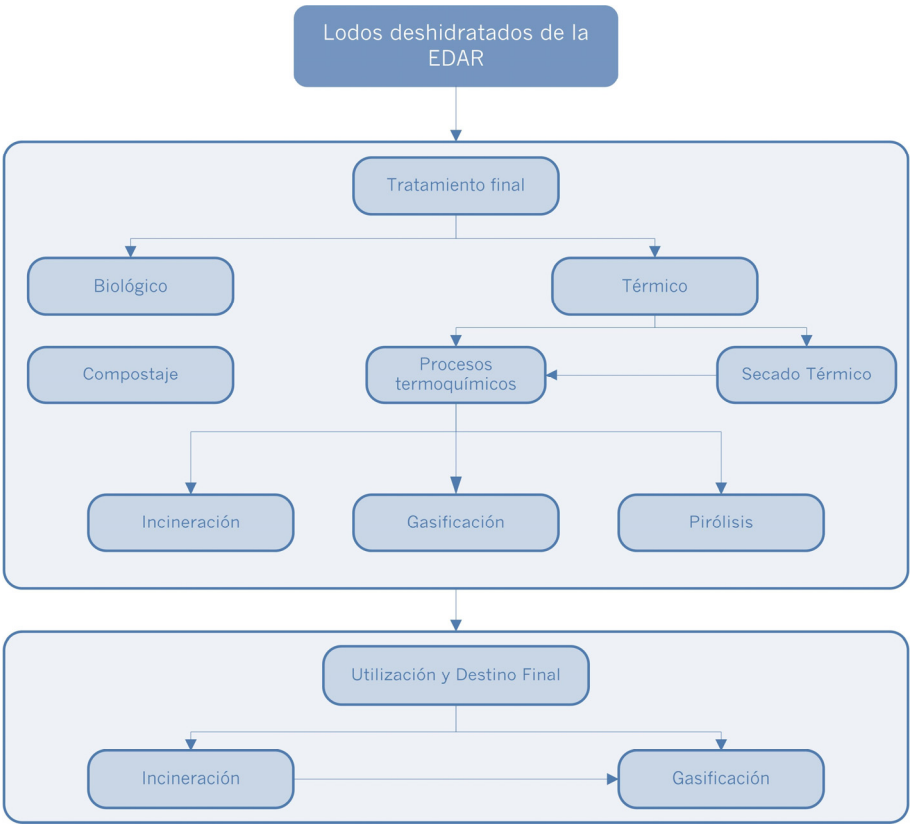


Fig. 1 Esquema de los tratamientos finales de los lodos de EDAR

La alternativa al tratamiento de los lodos de depuradora es, inequívocamente, evitar la generación de los mismos. Siguiendo el principio de prevención de la contaminación, es prioritario, por tanto, reducir la cantidad de fangos residuales generados en el tratamiento de las aguas residuales, lo que conllevaría tanto beneficios medioambientales como económicos. En este sentido, en los últimos años han surgido numerosos trabajos dirigidos a la búsqueda de estrategias que permitan reducir la cantidad de fangos en exceso generados en las plantas depuradoras. Independientemente de la estrategia finalmente seleccionada para minimizar la producción de fangos en exceso, éstas deben cumplir al menos las siguientes premisas [4]:

- Debe reducir la generación de los fangos en exceso a un coste viable.
- No debe producir una reducción de la calidad del efluente obtenido, es decir, no producir un descenso en el rendimiento del proceso depurativo.
- No debe tener un impacto ambiental negativo.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en un sistema piloto de lodos activos a escala de laboratorio al aplicar sobre él una de las estrategias para la minimización de la producción de lodos en exceso.

2. Desarrollo del problema.

2.1. El proceso Oxic-Settling-Anaerobic (OSA) para reducir la producción de fangos en exceso.

Su traducción literal al español es proceso óxico-decantación-anaerobio. Esta estrategia consiste en la introducción de una cámara de retención anóxica en la línea de recirculación de fangos (ver figura 2).

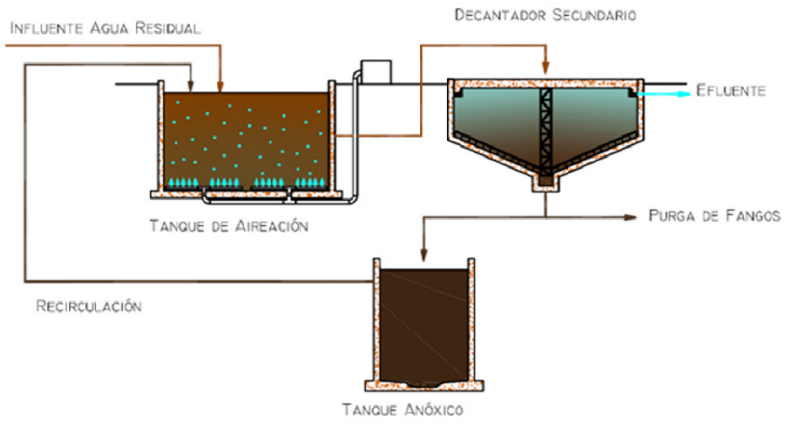


Fig. 2 Esquema del proceso OSA

La incorporación de un tanque de retención anaerobio en la línea de recirculación entre el decantador secundario y el tanque de aireación provoca una reducción en la producción de lodos en torno al 50 % según investigaciones realizadas hasta el momento [5]. Cuando los fangos concentrados, que son retornados desde el decantador secundario a la cuba de aireación, son sometidos a las condiciones de ausencia de oxígeno y no adición de sustrato orgánico impuestas en el tanque de retención, los microorganismos presentes consumen todas las reservas celulares de ATP para el mantenimiento de sus funciones básicas. Una vez los microorganismos retornan al tanque de aireación, se encuentran con un medio rico en materia orgánica, aportada por el agua residual influente, y comienzan su degradación. La energía obtenida de las rutas catabólicas se emplea, primeramente, en crear nuevas reservas energéticas necesarias para iniciar la síntesis de nuevo material celular las cuales habían sido agotadas en la fase de anoxia. Antes de que se inicien las rutas de biosíntesis, el fango es nuevamente sometido a una fase de anoxia, y las reservas son nuevamente consumidas sin haber sido empleadas en la construcción de nuevo material celular. Como resultado, se anulan (minimizan) las rutas anabólicas y se fomentan las rutas de degradación de la materia orgánica y obtención de energía, produciéndose la disociación metabólica [6] [7]. Esta es la principal hipótesis que fundamenta esta estrategia, si bien existen otras teorías:

- Las condiciones de anoxia del tanque de retención favorece el dominio de microorganismos de lento crecimiento [8].
- Bajo esas condiciones se pueden originar metabolitos solubles que pueden ser tóxicos para los microorganismos, provocando un uso extensivo de energía para regular/reestablecer la actividad metabólica y, por tanto, limitando el crecimiento bacteriano.
- El decaimiento del fango puede estar acelerado en el tanque de retención, debido principalmente a la depredación por parte de organismos superiores.

Otras características ventajosas de esta estrategia son la ausencia de adición de agentes químicos, el escaso gasto energético que comporta, el mantenimiento, o la mejora incluso, del rendimiento de la planta y el reducido coste que su instalación conlleva [9].

2.2. Material y métodos.

En la figura 3 se presenta el esquema de la planta piloto empleada en la experimentación.

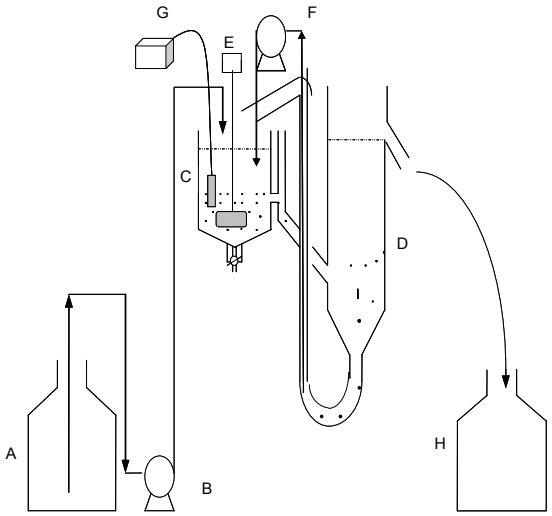


Fig. 3 Planta piloto a escala de laboratorio empleada en el estudio

Las diferentes unidades de que consta son:

- Un recipiente de almacenamiento, A, para agua residual sintética.
- Una bomba B de dosificación.
- Un tanque C de aireación (3.5 l de capacidad).
- Un decantador D provisto de desagüe superior para el agua tratada.
- Un sistema de agitación por palas, E para homogenizar el contenido del tanque de aireación.
- Una bomba F de recirculación de fangos.
- Un compresor G de aire.
- Un recipiente H para recoger el efluente tratado.

Este sistema se inocula con fangos activos procedentes de una estación de tratamiento de aguas residuales urbanas. La alimentación se realiza con agua residual sintética la cual presenta una DQO media de 500 mg/l. Inicialmente, el sistema funciona como un sistema convencional de lodos activos. Posteriormente, se introduce un tanque de retención anóxico en la línea de recirculación de fangos. Esta cámara tiene una capacidad de 2.4 l (Figura 4).

Las condiciones de operación del sistema a lo largo del ensayo se reflejan en la tabla 1.

Etapa	**Periodo (días)**	**$Q_{alimentación}$ (l/h)**	**$THR_{cuba\ aireación}$ (h)**	**$Q_{recirculación}$ (l/h)**	**$THR_{reactor\ anóxico}$ (h)**
1	1-15	0.3	11	0.3	__
2	16-30	0.3	11	0.27	9

Tabla 1. Etapas de trabajo y condiciones de operación impuestas

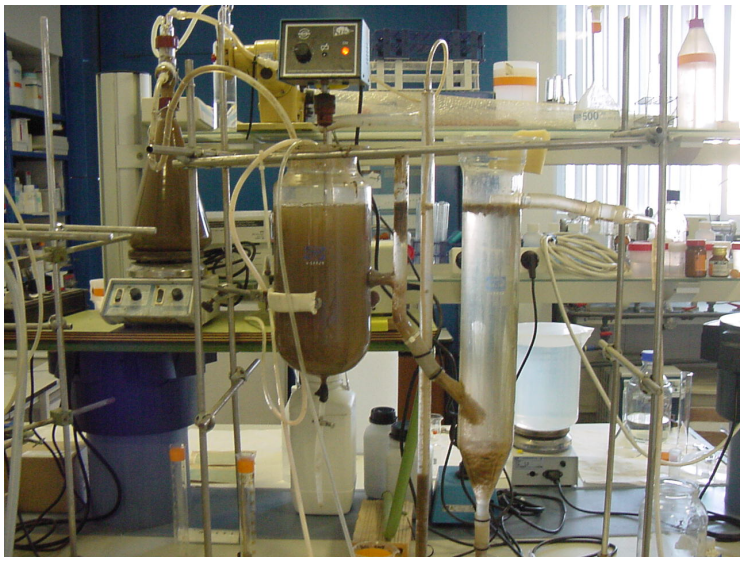


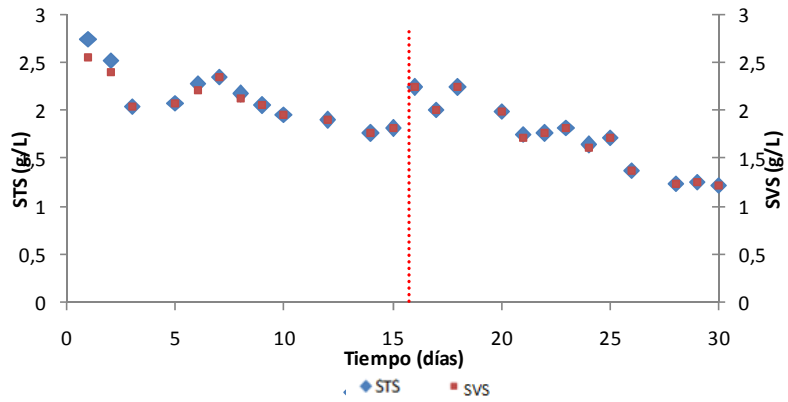
Fig. 4 Fotografía del montaje experimental.

Diariamente se realiza el seguimiento analítico del sistema. Concretamente se determinan los siguientes parámetros: sólidos en suspensión (totales y volátiles), tanto en el tanque de agitación, como en la purga de fangos y en la cámara de retención anóxica; demanda química de oxígeno (DQO) en el agua residual influente y en el efluente final del sistema y la tasa específica de respiración (SOUR) del fango activo. Asimismo, y a fin de determinar el efecto sobre el metabolismo celular, se procede a realizar un ensayo discontinuo de cinética de crecimiento al finalizar las etapas 1 y 2 del ensayo. Mediante estos ensayos se determina la tasa de crecimiento observada (Y_{obs}, mg SVS/ g DQO $_{consumida}$).

Todas las determinaciones analíticas se realizan de acuerdo a Métodos Estandarizados [10].

2.3. Resultados y discusión.

Las siguientes gráficas muestran la evolución de los sólidos en suspensión en el tanque de aireación, la purga acumulada de fangos eliminados del sistema y la tasa de respiración asociada durante el desarrollo del ensayo.



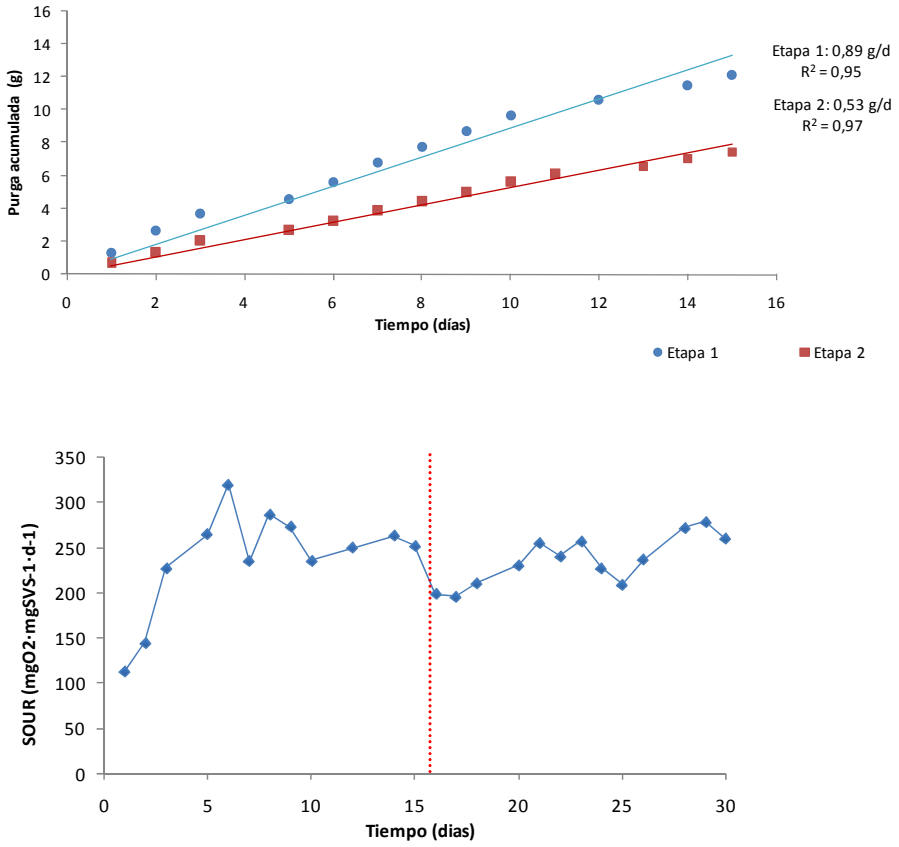


Fig. 5 Evolución del contenido en sólidos en suspensión, purga de fangos acumulada y tasa de respiración en el sistema.

Tal y como se observa en la figura 5, durante la puesta en marcha del sistema (5 días) se produce una leve pérdida en el contenido en sólidos en suspensión estabilizándose finalmente entorno a 1.8 g SVS/l. En el momento en que se introduce el reactor anóxico en la línea de recirculación se detecta un repunte en el contenido en sólidos que se asocia al fango empleado para la inoculación de la cámara de retención. Posteriormente, se observa un descenso paulatino de los sólidos situándose al final del ensayo alrededor de los 1.25 g SVS/l.

La segunda de las gráficas incluidas en la figura 5 representa la cantidad de fangos purgados del sistema tanto en las dos etapas en las que se divide el ensayo. En la misma se especifica la tasa diaria de purga de fangos. Cuando el sistema de lodos activos trabaja según la configuración convencional la cantidad diaria de fangos purgados se sitúa en 0,89 g/día. Por el contrario, bajo las condiciones de operación del esquema de tratamiento OSA, la tasa de purga de fangos disminuye a 0,53 g/día, lo que supone un 40% menos de lodos purgados del sistema al día. Esta importante reducción, tiene su explicación a nivel microscópico. Concretamente, al determinar la tasa de crecimiento de los microorganismos el valor obtenido es de 0.43 mgSVS/mgDQO, cuando el sistema opera bajo la configuración convencional, y de 0.32 mgSVS/mgDQO cuando lo hace según el esquema OSA. La reducción en la tasa de crecimiento de los microorganismos (o conversión de materia orgánica en nueva biomasa) es de 26%.

En cuanto a la actividad respiratoria de los fangos, apenas se aprecian diferencias significativas en las dos fases del estudio. El valor medio del SOUR durante la primera fase es

de 238 $mgO_2 \cdot gSVS^{-1} \cdot d^{-1}$, mientras que durante la etapa 2 éste se sitúa en 236 $mgO_2 \cdot gSVS^{-1} \cdot d^{-1}$.

Finalmente, en lo que respecta a la eficiencia depurativa del proceso, calculada como la diferencia entre la DQO del agua residual de entrada y la del efluente final del sistema, los valores medios obtenidos son del 80% y 77% para las etapas 1 y 2 respectivamente. Por tanto, se observa que la inclusión de la cámara anóxica en la línea de recirculación de fangos apenas produce una reducción del rendimiento depurativo del sistema.

3. Conclusiones.

A tenor de los resultados, se puede concluir que la configuración OSA permite reducir la cantidad de lodos residuales generados en un sistema piloto de lodos activos sin comprometer el rendimiento del sistema. Sin embargo, previa a la aplicación de esta estrategia en plantas reales de tratamiento, es necesario llevar a cabo más pruebas a escala semi-industrial, en las que se determine igualmente la viabilidad económica, técnica y ambiental de la solución planteada. No obstante, los prometedores resultados obtenidos en cuanto a reducción de la producción de fangos supondrían importantes ahorros en el tratamiento y gestión posterior de los lodos de depuradora pudiéndose recuperar los costes de inversión requeridos.

Agradecimientos.

Los autores muestran su agradecimiento a la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía la cual financia este estudio a través inventivos a Proyectos de Excelencia.

Referencias.

[1] Werther J. y Ogada T. (1999). Sewage sludge combustion. Progress in Energy and Combustion Science; 25; pp. 55-116.
[2] Horan NJ. (1999). "Biological Wastewater Treatment Systems. Chichester, UK: Wiley.
[3] Zhao Q.L. y Kugel G. (1997). "Thermophilic/mesophilic digestion of sewage sludge and organic waste". Environ Science Health; 31:2211-31.
[4] Aragón Cruz, C.A. (2009). Optimización del proceso de lodos activos para reducir la generación de fangos residuales. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz
[5] Chen G.H., Yip W.K., Mo H.K.y Liu Y. (2001), "Effect of sludge fasting/feasting on sludge growth in activated sludge cultures" *Water Research*, 35(4), 1029-1037.
[6] Chen G.H., An K.J., Saby S., Brois E. y Djafer M. (2003), "Possible causes of excess sludge reduction in an oxic-settling-anaerobic activated sludge process (OSA process)" *Water Research*, 37, 3855-3866.
[7] Chudoba, P., Chudoba, J. y Capdeville, B. (1992), "The aspect of energetic uncoupling of microbial growth in the activated sludge process: OSA system" *Water Science Technology*, 26(9-11), 2477-2480.
[8] Low, E.W. y Chase, H.A. (1999), "Reducing production of excess biomass during wastewater treatmen" *Water Research*, 33, 1119-1132.
[9] Pérez-Elvira, S.I., Nieto Diez, P. y Fernández Polanco, F. (2006), "Sludge Minimisation technologies", (Review article) *Environmental Science and Bio/Technology,* 5, 375-398.
[10] APHA; AWWA; WPCF (1992). "Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales". Editorial Díaz Santos, S.A., 17ª Edición.

Dark repair processes after ultraviolet disinfection

Vélez-Colmenares, J.J.[1], Acevedo, A.[1] and Nebot, E.[1]

[1] Department of Environmental Technologies, Faculty of Marine and Environmental Sciences, University of Cadiz, Polígono Rio San Pedro s/n CP 11510, Puerto Real (Cádiz), Spain, julia.velez@uca.es

Abstract. Municipal wastewaters typically contain pathogenic enteric bacteria, viruses and intestinal parasites, for this reason ultraviolet disinfection of wastewater and water in general is of vital importance. Through this process the pathogens present in wastewater are inactivated, achieving a significant reduction in their number. However, this technology has the disadvantage that some of these microorganisms are able to repair damage through processes of reactivation, such as dark repair. For this reason, the objective of this research was to evaluate the extent of the phenomenon called dark repair that occurs over the microorganism exposed to UV radiation.

The treatment was performed in a Trojan Technologies' UV pilot plant in the Municipal Wastewater Plant of Jerez de la Frontera (Spain). The channel was formed for a bank with two low-pressure mercury UV lamps. In this study, the concentration of microorganisms was measured in situ during different intervals of time along darkness conditions to simulate the behavior of the wastewater into a pipeline that transports the wastewater disinfected from Municipal Wastewater Plant to a golf course, where the water is used to irrigate the green spaces. In this case, we have chosen *Escherichia coli* as an indicator because of its faecal character and it's covered by all regulations of water quality. For each one of the experiments, we represented the inactivation - reactivation curve in function of the survival ratio respect to the initial microorganism concentration existing before the inactivating treatment.

The investigation demonstrated that *E. coli* presented slight percentages of reactivation in darkness conditions for different UV doses and finally we could establish the curves of inactivation-reactivation of microorganisms in function of UV doses and physical and chemical properties of wastewaters.

Keywords: Ultraviolet irradiation; Dark repair; Faecal microorganisms; Wastewater.

1. Introducción.

La radiación ultravioleta ha sido considerada como una tecnología emergente y eficiente de desinfección, debido a su efectividad en la inactivación de un amplio rango de patógenos y por no formar subproductos nocivos, como ocurre con otros desinfectantes como el cloro [1], por esta razón está siendo ampliamente usada en el tratamiento de aguas residuales y potables y está siendo

frecuentemente considerada como una alternativa a la cloración para la desinfección de aguas residuales con vista a su reutilización [2].

Los tratamientos de las aguas residuales municipales requieren por lo general procesos de desinfección para cumplir los límites establecidos en la normativa [3] debido a que las aguas residuales municipales típicamente contienen bacterias entéricas patógenas, virus y parásitos intestinales [4]. Existen muchos sistemas de desinfección de las aguas residuales tales como ozono, cloro y radiación ultravioleta, pero debido al aumento de información sobre la formación de subproductos de oxidación peligrosos durante los procesos de cloración y ozonización, la radiación UV fue ganando más atención. En la actualidad la radiación ultravioleta es considerada como una tecnología de tratamiento viable, debido a que la exposición a la radiación ultravioleta provoca daños a los ácidos nucleicos de los microorganismos, siendo efectiva en la inactivación de una variedad de patógenos en las aguas potables y residuales [5]. Para restaurar las lesiones provocadas en el ADN, los microorganismos han desarrollado dos mecanismos de defensa: la reactivación en oscuridad y la fotorreactivación.

La reactivación en oscuridad en un proceso reparador multi-enzimático que implica la escisión de dímeros [6] y como su nombre indica, la reparación del ADN se lleva a cabo sin luz. La reactivación en oscuridad es un proceso ampliamente distribuido y conservado a través de la evolución, el cual implica la acción de más de una docena de proteínas que coordinan la eliminación del ADN dañado [7]. En los estudios llevados a cabo sobre la reactivación en oscuridad, este proceso es poco significativo justo después de la radiación ultravioleta comparada con la fotorreactivación, pero puede ser significativo en los sistemas de distribución después de que las aguas residuales salen de la planta de tratamiento y por tanto debería ser estudiado [8].

Cuando los microorganismos son expuestos a la radiación ultravioleta durante un proceso de desinfección, en la curva típica de inactivación-reactivación dependiendo del tiempo es posible diferenciar distintas fases del proceso: inactivación ultravioleta y el proceso de reactivación, el cual incluye un periodo de inducción, una fase de crecimiento, una fase estacionaria y un periodo de muerte [9].

La fase de inactivación corresponde al período de desinfección en sentido estricto, donde la concentración de microorganismos disminuye considerablemente. Posteriormente, en la fase de latencia los microorganismos se adaptan a las nuevas condiciones presentes en el agua.

Una vez los microorganismos se adaptan, aparece la fase de reactivación. En esta fase empieza un crecimiento exponencial de las colonias que se corresponde con la fase de reactivación. El crecimiento de la población bacteriana es limitado normalmente por los nutrientes disponibles o por la acumulación de productos tóxicos del metabolismo. Como consecuencia, la velocidad de crecimiento va disminuyendo y la fase de latencia aparece hasta alcanzar la fase de muerte.

El objetivo de este estudio es evaluar la reactivación en oscuridad de *E. coli* con el fin de observar el comportamiento de este indicador microbiológico en condiciones de oscuridad y establecer un nuevo modelo de fases que caractericen el proceso de desinfección y reactivación.

2. Desarrollo del problema.

2.1. Materiales y Métodos

2.1.1. Sistema de desinfección ultravioleta

Los experimentos de desinfección ultravioleta fueron desarrollados en el sistema UV3025 PTP SYS (Trojan Technologies) que consta de dos lámparas ultravioleta de baja presión dispuesto horizontalmente en un canal abierto. El canal ultravioleta recibe el agua residual del efluente secundario filtrado de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Jerez de la Frontera (España).

2.1.2. Reactivación en oscuridad

Después de la exposición de las muestras a la radiación ultravioleta, las muestras de aguas residuales fueron analizadas para conocer la eficacia del proceso de desinfección ultravioleta y la tasa de supervivencia de los microorganismos (%S).

Las muestras irradiadas fueron expuestas a oscuridad para simular las condiciones reales en la planta de tratamiento. En este caso, la concentración de *Escherichia coli* (EC) fue medida durante diferentes intervalos de tiempo a lo largo de 180 minutos, para poder caracterizar los procesos de reactivación en oscuridad en función del tiempo. Las muestras fueron analizadas in situ mediante la técnica de filtración por membrana [10] y el medio cromogénico C.C. CHROMOGENIC AGAR de Microbiol Diagnostici. Las condiciones de crecimiento de estos microorganismos son de 37ºC durante 24 horas. El resultado se expresa como Unidades Formadoras de Colonias (UFC) por 100 mL de muestra.

2.2. Resultados y Discusión

En este estudio se observa el comportamiento de *E. coli*, dependiendo de la dosis ultravioleta aplicada y el tiempo en el cual los microorganismos están expuestos a las condiciones de oscuridad. Los resultados de reactivación se expresan como una función de la tasa de supervivencia (S (%)) respecto a la concentración inicial de microorganismos existente antes del proceso de desinfección. En general, este indicador microbiológico presenta un leve grado de reactivación en oscuridad en las diferentes dosis ultravioleta aplicadas a lo largo del tiempo de estudio.

En la figura 1 se representa la tasa de supervivencia frente al tiempo, y se puede observar que el porcentaje inicial de supervivencia fue mayor a medida que la dosis UV fue disminuyendo. Considerando el nivel inicial de supervivencia, se observa un incremento de la supervivencia de EC sobre este nivel lo cual indica que se ha producido un proceso de reactivación. Según la dosis ultravioleta aplicada, esta curva alcanza valores más altos de reactivación en diferentes intervalos de tiempo. Después de la fase de reactivación se observa que EC comienza la fase de muerte, debido a la disminución de nutrientes y a la alteración de las condiciones favorables de crecimiento.

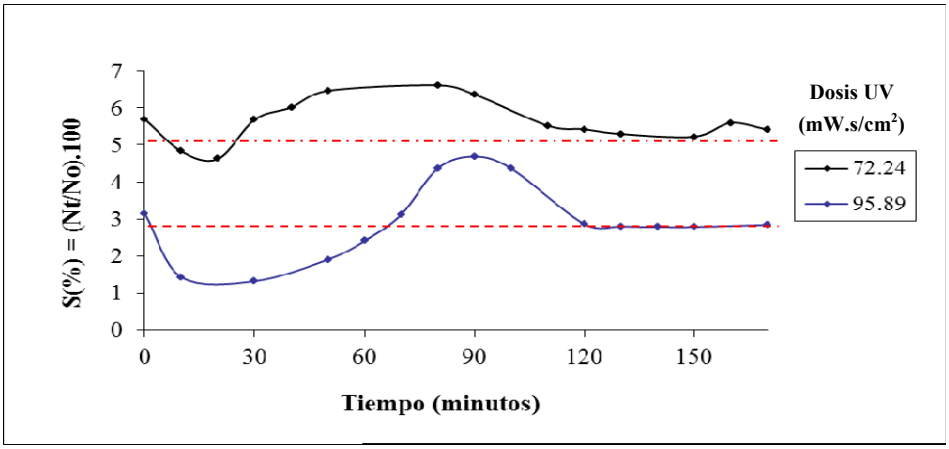


Figura 1. Curva de supervivencia de *Escherichia coli* después de ser expuesta a diferentes dosis de radiación ultravioleta y posteriormente sometida a condiciones de oscuridad.

Aunque los microorganismos presentaron diferentes porcentajes de supervivencia, la investigación mostró un comportamiento similar en todos los casos, lo cual ha permitido diferenciar las diferentes fases de la curva de reactivación en función del tiempo. La curva de inactivación y reactivación se muestra en la figura 2.

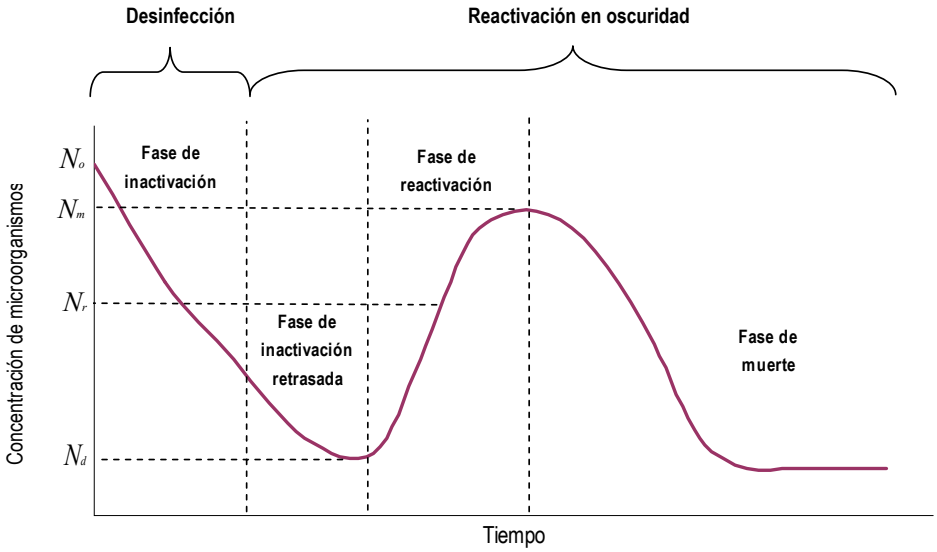


Figura 2. Curva de inactivación–reactivación en función del tiempo, donde No es la concentración de microorganismos antes de la desinfección, Nd es la concentración de microorganismos después de la desinfección pero antes de la reactivación y Nr es la concentración de microorganismos en el tiempo t después del inicio de la fase de reactivación. Nm es la concentración máxima de microorganismos que alcanzan la reactivación.

En la curva de reactivación se puede distinguir una nueva fase en el proceso de reactivación en oscuridad, la fase de inactivación retrasada. La nueva fase aparece justo al principio de la reactivación en oscuridad, antes de la fase de crecimiento y después de la fase de inactivación que caracteriza el proceso de desinfección. Esta fase corresponde al periodo después de la desinfección, donde la concentración de microorganismos disminuye considerablemente. Esta nueva fase revela un caracter residual de la desinfección ultravioleta, ya que aparece cuando las muestras han dejado de ser expuestas a la radiación. En este nuevo modelo desaparece la fase de latencia y la fase estacionaria, y la fase de mortalidad continúa hasta el final de la curva.

3. Conclusiones.

Los estudios de reactivación en oscuridad han permitido proponer un nuevo modelo de fases de las curvas típicas de reactivación-inactivación en función del tiempo. En la curva de inactivación-reactivación se puede distinguir una nueva fase en el proceso de reactivación en oscuridad, la fase de inactivación retrasada. Esta fase aparece justo después de la fase de inactivación y permite establecer un poder desinfectante residual de la radiación ultravioleta. Adicionalmente, la investigación demostró que Escherichia coli es un microorganismo susceptible a la reactivación en oscuridad y el comportamiento de este indicador microbiológico depende de la dosis ultravioleta aplicada y el tiempo de exposición a las condiciones de oscuridad. Los resultados de esta investigación muestran que esta nueva fase aparece después de la fase de inactivación y permiten establecer que las estaciones de tratamiento de aguas residuales que estén usando procesos de desinfección ultravioleta tienen un poder

residual desinfectante cuando las aguas residuales son expuestas a las condiciones de oscuridad, en los primeros minutos después de la desinfección.

Agradecimientos.

Los autores de esta investigación quieren expresar su gratitud a la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Jerez de la Frontera, a AJEMSA y AQUALIA, en especial a José Antonio Andrades Balao por su incondicional colaboración en este estudio.

Referencias.

[1] K. G. Lindenauer, J. L. Darby, "Ultraviolet disinfection of wastewater: effect of dose on subsequent photoreactivation", Water Research 28, 1994, (pp. 805-817).

[2] Z. Bohrerova, K. G Linden, "Standardizing photoreactivation: Comparison of DNA photorepair rate in Escherichia coli using four different fluorescents lamps", Water Research 41, 2007, (pp. 2832-2838).

[3] H. E. Scott, S. N. Liss, R. R Farnood y D. G. Allen, "Ultraviolet disinfection of sequencing batch reactor effluent: A study of physicochemical properties of microbial floc and disinfection performance", J. Environ. Eng. Sci. 4 (suppl. 1), 2005.

[4] J. Koivunen, H. Heinonen-Tanski, "Inactivation of enteric microorganisms with chemical disinfectants, UV irradiation and combined chemical/UV treatments", Water Research 39, 2005, (pp. 1519–1526)

[5] W. A. M. Hijnen, E. F. Beerendonk, y G. J. Medema, "Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan (oo)cysts in water: A review", Water Research 40, 2006, (pp. 3-22).

[6] C. G. Yoon, K. W. Jung, J. H. Jang y H. C. Kim, "Microorganism repair after UV-disinfection of secondary-level effluent for agricultural irrigation", Paddy Water Environ. 5, 2007, (pp. 57-62).

[7] J. L Zimmer, R. M. Slawson, "Potential Repair or Escherichia coli DNA following Exposure to UV Radiation from Both Medium-and Low- Pressure UV Sources Used in Drinking Water Treatment", Applied and Environmental Microbiology, 2002, (pp. 3293-3299).

[8] P. H. Quek y J. Hu, "Indicators for photoreactivation and dark repair studies following ultraviolet disinfection". J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 35, 2008, (pp. 533-541).

[9] I. Salcedo, J.A. Andrades, J. M. Quiroga y E. Nebot,"Photoreactivation and dark repair in UV treated microorganisms: Effect of Temperature", Applied and Environmental Microbiology 73, 2007, (pp. 1594-1600).

[10] APHA–AWWA–WPCF, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", twentieth ed., Washington, DC, 1998.

Modélisation des Apports Annuels -Simulation par les Modèles ARMA et Prédiction par le Filtre de Kalman- (étude de cas)

K, Boukharouba[1] et A, Kettab[2]

[1] Department de l'hydraulique, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Laboratoire de Recherche des Sciences de l'Eau-LRS-EAU, 10 Av. Hacène-badi BP182 El-Harrach 16200-Alger, Algérie, b_malikadz@yahoo.com

[2] Department de l'hydraulique, Ecole Nationale Polytechnique (ENP), Laboratoire de Recherche des ciences de l'Eau-LRS-EAU, 10 Av. Hacène-badi BP182 El-Harrach 16200-Alger, Algérie, kettab@yahoo.fr

Abstract. Pour un pays semi-aride en plein développement socio-économique comme l'Algérie, la quantification, la mobilisation et la gestion rigoureuse des ressources en eau présentent un véritable défit à relever avant d'envisager toute stratégie de développement durable. La présente étude s'inscrit dans ce contexte, plus précisément dans le cadre de la modélisation des processus hydrologiques et la prédiction des apports de rivières, qui sont des paramètres essentiels dans l'élaboration des plans de conception et de gestion des ressources en eau ; son objectif est l'élaboration d'un modèle dynamique de prédiction des apports annuels par l'intégration des modèles ARMA dans la structure du filtre de Kalman (FK). Dans un premier temps, un travail de modélisation stochastique des apports annuels a été réalisé dans l'hypothèse de stationnarité, dont l'objectif est l'identification des modèles ARMA adéquats pour la simulation. Dans un second temps, le modèle sélectionné est intégré dans la structure rétroactive du filtre de Kalman pour des fins de prédiction. A cet effet, un modèle adaptatif de prédiction récursive non biaisée, basé sur la description d'état du système est discuté. Nous considérons le cas des systèmes linéaires discrets avec des bruits blancs Gaussiens. Nous considérons également que l'état du système est décrit par le paramètre ARMA du modèle stochastique en question. Le résultat de cette étude est un modèle de prédiction optimale qui permet les variations temporelles des paramètres du modèle, ce qui permet de prendre en compte la réponse non linéaire des systèmes hydrologiques concernés et son avantage majeur est de donner avec précision la covariance de l'erreur de prédiction.

Keywords: ARMA, simulation, Kalman filter, prediction.

1. Introduction.

Par définition, la prédiction est le comportement futur probable d'un processus. La confiance qui lui est assignée dépend de la nature du processus étudié et de la qualité de l'adéquation du modèle qui le représente [1].

En hydrologie, ces processus sont complexes, non linéaires dépendant du temps et d'un certain nombre de paramètres incertains. Par conséquent, les formulations basées sur des hypothèses

simplificatrices de linéarité, invariance temporelle...etc., peuvent provoquer des différences substantielles entre les valeurs observées et les valeurs prédites [2].

Dans le contexte d'une prédiction en temps réel [3], il est important de distinguer entre les deux modes avec lesquels un modèle peut fonctionner. En mode de simulation, on peut utiliser les sorties du modèle comme nouvelles entrées dans le calcul de nouvelles sorties. Cependant, il est exclu d'utiliser la sortie observée comme entrée du modèle. En mode adaptif, la sortie courante du modèle peut être basée sur les sorties observées antérieures du système [4]. Dans la prédiction en temps réel, il est nécessaire de travailler dans le mode adaptif. Ceci implique l'utilisation d'un modèle ayant une structure rétroactive, ce qui fait que la sortie du modèle au temps présent est reliée aux sorties observées précédentes [5].

Dans ce travail, nous considérons les modèles à temps discret, pouvant être représentés par des équations de différence plutôt que des équations différentielles. Pour cela, nous allons utiliser un modèle de type ARMA pour la simulation et intégrer ce modèle dans le filtre de Kalman (FK) pour des fins d'identification et de prédiction.

2. Problématique et outils théoriques.

2.1. Formulation de la problématique.

Les deux formules suivantes représentent les équations fondamentales du filtre de Kalman. La première équation exprime la dynamique de l'état du système. Elle permet la transition de l'état X_{k-1} au temps $t = k-1$ à l'état X_k au temps $t = k$, par le biais de la matrice de transition $\phi_{k/k-1}$. La seconde équation, donne la mesure du système Z_k au temps $t = k$. W_k et V_k sont des bruits blancs Gaussiens ayant, une moyenne nulle et une variance connue respectivement Q et R [6].

$$X_k = \phi_{k/k-1} X_{k-1} + W_{k-1} \quad (1)$$

$$Z_k = H_k X_k + V_k \quad (2)$$

Le problème de prédiction en temps réel peut alors, être formulé comme suit : étant donné un modèle bruité de la dynamique de l'état du système (1) et une sortie bruitée ou mesure de celui-ci (2), peut-on estimer l'état X_k au temps k qui soit une combinaison linéaire de l'estimation $X_k - 1$ au temps $k-1$ et de la mesure Z_k au temps k? Cette estimation doit être optimale, dans le sens des moindres carrés. Peut-on, dans le même sens, trouver une prédiction optimale de l'état du système et de la mesure ?

2.2. Algorithme du filtre de Kalman.

Sous certaines hypothèses [7], la réponse aux questions précédentes est affirmative. Ceci est obtenu, en balançant l'erreur du modèle et celle de la mesure, pour donner un estimateur de l'état, avec une erreur de variance minimale. Ce mécanisme nous est exactement procuré par l'algorithme de Kalman [8].

A $t = t_1$,

$$K_k = P_{k/k-1} H_k{}^T (H_k P_{k/k-1} H_k{}^T + R_k)^{-1} \quad (3)$$

$$P_{k/k} = (\mathrm{I} - K_k H_k) P_{k/k-1} \quad (4)$$

$$\hat{X}_{k/k} = \hat{X}_{k/k-1} + K_k \left(Z_k - H_k \hat{X}_{k/k-1}\right) \quad (5)$$

$$\hat{X}_{k+1/k} = \phi_{k+1\,/k}\hat{X}_{k/k} \quad (6)$$

$$P_{k+1/k} = \phi_{k+1/\,k}P_{k/k}\phi^{T}_{k+1/\,k} + Q_k \quad (7)$$

à $t = t_2$, incrémenter l'indice du temps k et refaire la boucle en considérant X_1, P_1, Q_1 comme conditions initiales, et ainsi de suite jusqu'à la fin de la boucle.

2.3. Méthode de Box-Jenkins (Modèles ARMA).

Un prossecus mixte Auto-Regressif de moyenne mobile d'ordre p et q (ARMA(p, q)) est un processus qui peut être perçu comme la sortie Z_t d'un filtre linéaire, dont la fonction de transfert est le raport entre deux polynomes $\theta(B)$et $\phi(B)$ quand l'entrée est un bruit blanc ε_t. Il peut être exprimé comme suit:

$$\left[\sum_{i=0}^{p} \phi_i\, B^i\right] Z_t = \left[\sum_{i=0}^{q} \theta_i\, B^i\right] \varepsilon_t \quad (8)$$

où ε_t est un bruit blanc Gaussien de moyenne nule et de variance σ^2_{ε}.

Il faut noter que ce type de modèles est bien adapté aux variables hydrologiques et plus particulièrement aux apports des cours d'eau. Dans ce cas, la contribution de l'écoulement souterrain peut être considérée comme la partie auto-regressive alors que les précipitations aléatoires peuvent être considérées comme la partie moyenne mobile.

Plus de détails sur la méthode de Box-Jenkins peut être recherché dans [1].

3. Application et discussion des résultats.

La série temporelle, qui fait l'objet de cette étude, est celle des apports liquides annuels centrés de l'Oued Tafna, dans le Nord Ouest algérien. Ces données sont observées et enregistrées à la station hydrométrique de Béni-bahdel (voir Tableau 1) par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH) et s'étendent sur une période allant de 1925-26 à 1985-86.

La première partie est une opération de modélisation et simulation par les modèles ARMA, dans l'hypothèse de stationnarité, tandis que la deuxième partie présente une modélisation de type espace-état pour la prédiction optimale à court terme.

No.	Code	Name	Periode	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation(m)
01	160403	Béni-Bahdel	1925-1985	38 56 60	04 26 00	645

Tableau 1.Coordonnées de la station hydrométrique de Béni-bahdel

3.1.Simulation par les modèles ARMA.

L'objectif dans cette première partie est de trouver un modèle de simulation de type Box-Jenkins qui s'adapte aux données en respectant leur nature stochastique. L'opération de modélisation est effectuée en deux temps, le premier pour l'estimation le second pour la validation sachant que les données ont été centrées et normalisées pour se plier aux exigences de la méthode.

En se basant sur la structure de corrélation interne de ces données, nous avons identifié et ajusté les modèles suivants: AR(1), AR(2), ARMA(1,1), ARMA(1,2) et ARMA(2,1). Le choix du meilleur

modèle est dicté par certains critères tel que le AICC, AIC, BIC, FPE comme c'est montré dans le Tableau 2. La valeur minimale pour ces critères est observée pour le modèle AR(1), cela veut dire que c'est le modèle qui va être retenu pour représenter le mécanisme générateur du phénomène naturel étudié.

Model	σ_ε^2	AICC	BIC	FPE	AIC
AR(1)	771.4	396.4	402.3	797.5	396.2
AR(2)	780.4	399.3	405.7	834.2	392.2
ARMA(1,1)	778.1	399.1	407.93	-	398.75
ARMA(2,1)	784.5	397.6	406.8	-	394.5

Tableau 2. Critères de sélection des modèles ajustés.

L'estimation du modèle AR(1) a été effectuée par la méthode du maximum de vraisemblance. Les paramètres du modèle sont montrés au Tableau 3. Ces résultats montrent que la valeur du premier paramètre auto-regressif $\phi_1 = 0{,}3529$ est différente de zéro et est bel et bien inférieure à l'unité, statistiquement cela a été vérifié par le test de Student, ce qui indique la vérification de la condition de stationnarité pour ce modèle. σ_ε^2 étant la variance des résidus du modèle et DW la statistique de Durbin et Wattson pour l'indépendance des résidus si inférieur à deux. Il faut noter que la normalité des résidus a également été vérifiée par le test du Ki-deux à 95% de confiance.

Parameter	ϕ_1	σ_ε^2	DW
Value	0.3529	771.4	1.91

Tableau 3. Estimation des paramètres du modèle AR(1)

Enfin, les résultats obtenus dans cette première partie ont mené à la détermination d'un modèle de type ARMA, qui prend en charge la nature stochastique du processus des apports liquides observés. Ce modèle est formulé comme suit:

$$X_t = 0{,}484338\ X_{t-1} + \varepsilon_t\ , \qquad \varepsilon_t \rightarrow \mathrm{N}(0, 771.4) \tag{9}$$

Il a été utilisé dans la simulation des apports étudiés. A cet effet, 500 séries temporelles similaires ont été générées à partir des caractéristiques des résidus du modèle. Le Tableau 4 montre certaines caractéristiques statistiques des séries synthétisées comparativement à celles de la série temporelle d'origine. Il est évident qu'en termes de moyenne, variance et premier coefficient d'auto-corrélation (r_1), il n'existe pas une différence notable entre la série originale et la moyenne des séries synthétiques, exception faite des valeurs extrêmes. Ceci exprime l'adéquation du modèle AR(1) aux donnés étudiées.

Statistiques	Moyenne	Variance	Maximum	Minimum	r_1
Observations	68,48	29,76	137,30	12,25	0,353
Simulations	69,69	29,01	29,01	9,53	0,351

Tableau 4. Caractéristiques statistiques des séries générées et celles de la série d'origine.

3.2.Prédiction par le filtre de Kalman.

Dans le cas d'un modèle autorégressif d'ordre un AR(1), le système d'équations (1) et (2) s'écrit comme suit:

$$X_k = IX_{k-1} \tag{10}$$

$$Z_k = H_k\ X_k + V_k \tag{12}$$

La variable d'état X_k est choisie comme étant le paramètre du modèle. Elle va être notée ϕ_k. L'équation de mesure n'est autre que le modèle autorégressif AR(1). Dans ce cas, les erreurs de mesure V_k sont les résidus du modèle AR(1) et H_k exprime la mesure au pas $k-1$. I étant la matrice unité.

Les conditions initiales fournies à l'algorithme de calcul sont $\phi_0 = 0$ et $P_0 = 1000$. D'après la formulation du modèle, $H_k = Z_{k-1}$, $Q = 0$, V_k étant les résidus du modèle AR(1) dont la covariance $R = 771$. Les calculs sont faits selon deux étapes. La première est la prédiction de l'état au temps $k+1$ en étant au temps k. La deuxième est une étape de correction (filtrage) où cette prédiction d'état est corrigée moyennant la mesure qui arrive au temps $k+1$. En fin, l'estimation filtrée de l'état au temps $k+1$ est utilisée dans la prédiction de la mesure au temps $k+1$.

Les résultats de ces prédictions sont présentés dans Fig. 1. Les apports observés en trait continu sont superposés à leurs prédictions en trait discontinu. On remarque clairement que l'allure générale des estimations du filtre varie dans le même sens que celle des valeurs observées. Les écarts de prédiction dans la même figure paraissent relativement importants. Cependant, ce sont des écarts optimaux [4]. La Fig. 2 prouve cette optimalité par la convergence de la covariance des erreurs de prédiction.



Fig. 1 Prédictions des apports liquides annuels centrés de l'oued Tafna de 1925-26 à 1985-86

Cette convergence s'amorce rapidement après les trois premières itérations. La matrice de covariance des erreurs quadratiques des prédictions tend vers zéro, d'une manière régulière tout en restant positive. La régularité dans le temps, de cette matrice, aurait pu être interrompue, spécialement aux points 25, 40 et 42 correspondant respectivement aux années 50, 65 et 67 où un apport centré relativement important a été observé. Cependant, ceci n'a pas eu lieu. C'est le comportement que nous espérions de l'algorithme, chose qui exprime l'adéquation du modèle ajusté.

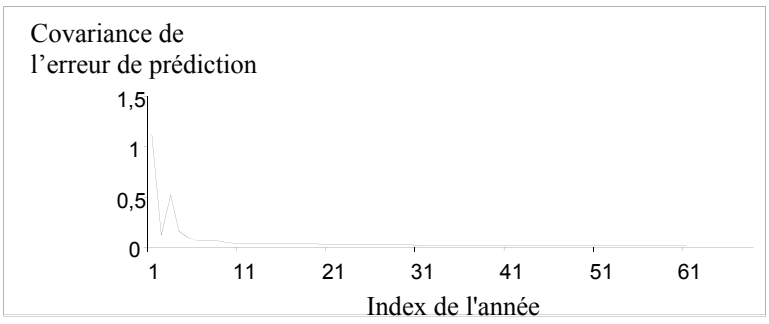


Fig. 2 Variations de la covariance des erreurs de Prédictions de 1925-26 à 1985-86.

L'equation (5) montre qu'à chaque itération le vecteur paramètre est corrigé par une quantité égale à l'erreur de prédiction pondérée par le vecteur gain K_k. Ce vecteur calculé à partir de (3) exprime la confiance courante du modèle estimé à chaque itération. Pendant les premiers pas, le vecteur K_k prend de grandes valeurs comme indiqué dans Fig. 4. Ceci est dû au fait que l'estimation est inévitablement mauvaise au début, autrement dit on fait plus confiance aux données qu'au modèle. Cependant, avec le déroulement des calculs, la confiance assignée au modèle estimé commence à augmenter. Le paramètre du modèle s'approche de sa vraie valeur et le vecteur gain prend des valeurs de plus en plus petites. C'est pourquoi les erreurs de prédiction, qui paraissent importantes après la convergence du filtre, sont considérées comme évènements aléatoires plutôt qu'un désagrément entre le modèle et le processus. Les Fig. 3 et Fig. 4 le montrent bien.

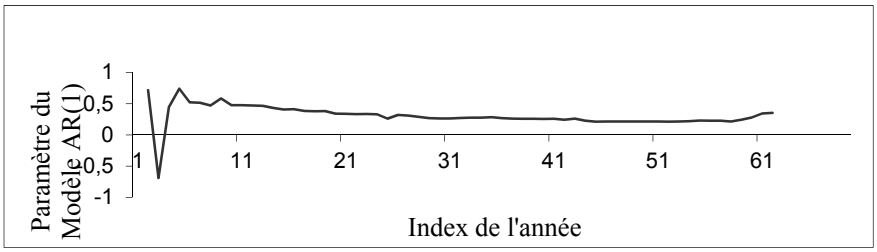


Fig. 3 Variations temporelles du paramètre du modèle AR (1) de 1925-26 à 1985-86.

D'après ces figures nous pouvons constater que le paramètre du modèle AR(1), supposé stationnaire, varie dans le temps; ceci peut être considéré comme une prise en considération de la réponse non linéaire du système hydrologique concerné. Les innovations du filtre sont montrées dans Fig. 5. Leur analyse par les tests statistiques nous a permis de vérifier qu'elles forment une séquence de bruits blans Gaussiens remplissant ainsi les hypothèses du filtre [7], [5].



Fig. 4 Variations du gain du filtre de Kalman de 1925-26 à 1985-86.

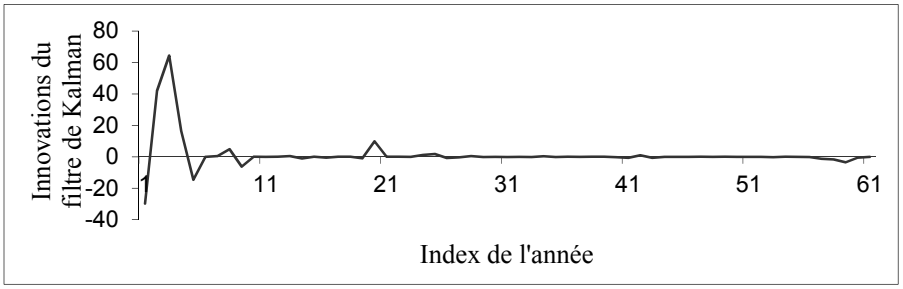


Fig. 5 Innovations du filtre de Kalman de 1925-26 à 1985-86.

En termes pratiques, cela veut dire que l'intégralité de l'information a été extraite durant la procédure de l'estimation et que l'on ne pourrait obtenir de meilleures estimations avec le modèle utilisé. L'optimalité de ces résultats est bien illustrée par la convergence de la matrice de covariance des erreurs de prédiction.

4. Conclusions et recommandations futures.

Un modèle de simulation de type ARMA a été recherché, c'est un modèle AR(1) qui reproduit bien les caractéristiques statistiques du phénomène naturel étudié, respecte sa nature stochastique, mais présente l'inconvénient de ne pas prendre en charge sa variabilité temporelle. Pour résoudre ce problème, le modèle AR(1) a ensuite été intégré dans la formulation d'un filtre de Kalman discret, ce qui permet la prédiction dynamique optimale à court terme avec l'avantage de procurer exactement l'erreur de prédiction. C'est un travail qui permet de surmonter quelques unes des difficultés pratiques du (FK) et la procédure peut être généralisée à d'autres stations, sachant que les performances de ce modèle de prédiction peuvent être améliorées en incorporant d'autres variables pouvant affecter les apports des cours d'eau, telles que les infiltrations ou encore les précipitations.

References

[1] G.E.P. Box, G.M. Jenkins, Time Series Analysis forecasting and Control. Holden day, San Francisco, Californie (1970)

[2] F.H. Schlee, et al., "Divergence in the Kalman Filter", AIAAJ, 5, 1967, (pp. 114 –1120).

[3] E.F. Wood, Recent Development in Real Time Forecasting, Control of Water Resources Systems. Pergamon, Oxford (1980).

[4] E.F. Wood et Andras Szollosi-Nagy, "An adaptive algorithm for analyzing short term structural and parameter changes in hydrologic prediction models", Water Resources Research,14, 1978, (pp134-139).

[5] R.E. Kalman, R.S. Bucy, "New Results in Linear Filtering and Prediction Theory", Trans. ASME, J.Basic Eng. Series, 830, 1961, (pp. 95-108).

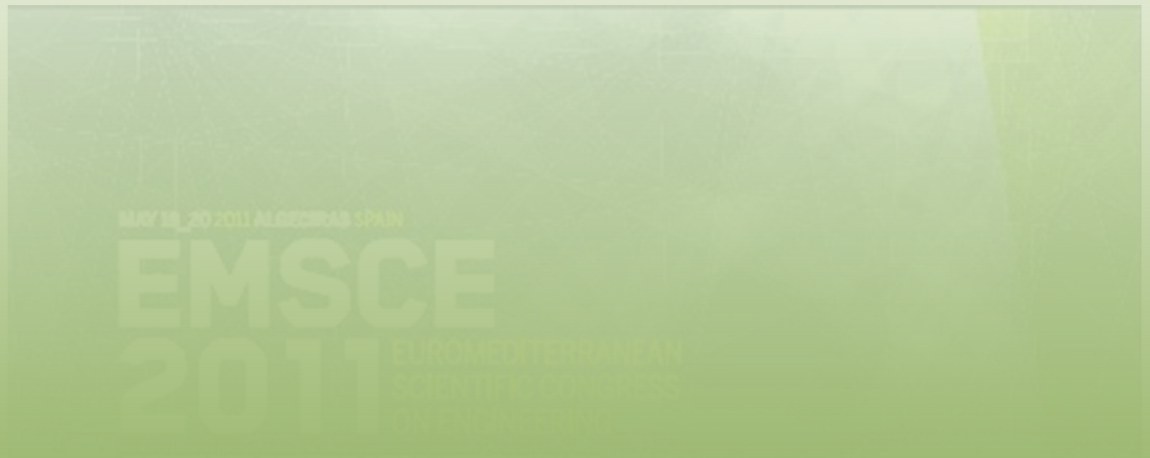
[6] A.H. Jazwinski, "Adaptive Filtering", Automatica, 1969, (pp. 475-485).

[7] H.W. Sorenson, "Kalman Filtering Theory and Applications", IEEE, 1985, (pp. 90-126).

[8] J. M. Mendel, "Computational Requirements for a Discrete Kalman Filter", IEEE, A-C, 16, 1971, (pp. 748-758).

[9] K. Boukharouba, Kettab A., "Contribution à la gestion des cours d'eau par simulation Stochastique (Etude de cas), 7ième Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française, CILEF-2003, 27 juillet 1eraoût, 2003, Montréal, Québec.

[10] Société Hydro technique de France, "Guide de Prévision des Crues", Tome II, 1987, (pp. 407-424).



Energías Limpias

Clean Energies

Énergies Propres

Etude du potentiel en Biogaz dans les provinces nord du Maroc

M.E. AFILAL[1], N. BELAKHDAR[1]

[1] Department de biology, University Mohamed 1st, Morocco, m.afilal@fso.ump.ma

Abstract. Our work focuses on the promotion and introduction of the biogas technology as innovating solution to manage organic waste and also as a clean and renewable energy. In this article we present the digestible substrate potential in the form of its biogas energy content present in the three regions along the Mediterranean coastline of Morocco, namely de regions of Oriental, Hoceima-Taza-Taounat and Tanger-Tétouan.
The organic waste identified are solid manure from animal keeping, the residues of crop growing, industrial organic waste, household organic waste and slaughterhouse waste.
The biomass potential from the Oriental region, including the provinces of Oujda, Berkane, Nador, Jerada and Taourirt is about 4.8 million tons a year of which the manure part represents 78 %. This biomass potential can generate theoretically 0,090 Mtep per year of energy in the form of biogas. The biomass potential from the Hoceima-Taza-Taounat region is about 7.8 million tons a year of which 75 % manure, corresponding at 0,130 Mtep of energy per year issued from the biogas produced during the digestion process. The potential in the region of Tanger-Tétouan is about 6.7 million tons a year (81 % manure) representing 0,110 Mtep of biogas energy per year.

Keywords: Biogas - organic waste - renewable energy.

1. Introduction.

Le Maroc est doté de ressources énergétiques primaires limitées et affiche donc une très forte dépendance par rapport aux importations de charbon, de pétrole et même d'électricité. Le taux de dépendance énergétique du Maroc enregistre une hausse constante, de 93% en 1994 à plus de 95% aujourd'hui. La croissance annuelle de la consommation d'électricité est de 8%.(1)
Pour diminuer cette dépendance le Maroc a défini dans le Plan National de Développement des Energies Renouvelables et Efficacité Energétique (PNDEREE), l'augmentation de la contribution des Energies Renouvelables à 20% du bilan électrique national et 10% du bilan énergétique à l'horizon 2012. (2)
Aujourd'hui, malgré les contraintes énergétiques continues (telles que la croissance de la consommation nationale, les coûts élevés de l'énergie conventionnelle) l'importance de potentiel local, l'évolution considérable des technologies d'énergies renouvelables et la forte croissance mondial, accompagnés d'une baisse sensible et continue des coûts, constituent pour le Maroc des atouts essentiels qui pousseront à l'essor de ces ressources nouvelles pour représenter une part significative dans le bilan énergétique national dans les années à venir.

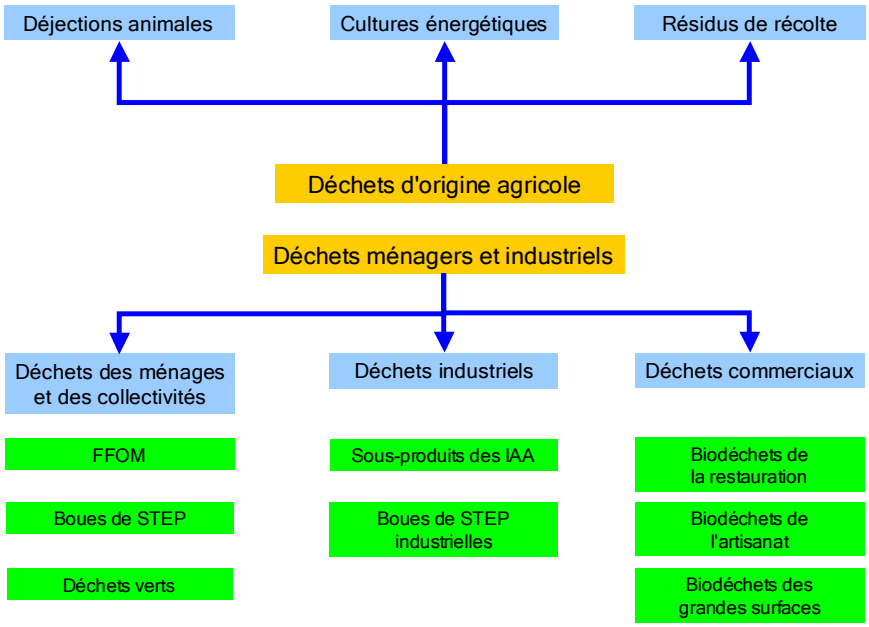
La technologie du biogaz a été introduite au Maroc au début des années quatre vingt par l'intermédiaire de digesteurs pilotes de R&D ou de démonstration. Les modèles de digesteurs indiens et chinois ont été les plus utilisés. (3, 4)
Le Maroc a tout intérêt à développer la technologie de biogaz pour le traitement des déchets solides et des eaux résiduaires, car il y a des potentialités considérables qui augmentent régulièrement avec l'accroissement démographique et l'élévation du niveau de vie moyen.(5,6).

2. Les régions

La région de l'orientale est la deuxième plus grande région du royaume de point de vue superficie. Elle s'étend sur une superficie de 82 820 km2 soit 11,6% de la superficie globale du pays, la Région de l'Oriental est constituée d'une préfecture (Oujda - Angad) et de 5 provinces (Jerada, Berkane, Taourirt, Figuig et Nador), Sa capitale est Oujda. La région orientale compte 1'769'000 habitant, soit 6,6 % de la population du Maroc répartis sur une vaste superficie donnant une densité faible de l'ordre de 21,4 habitants/km². Cependant, trois agglomérations urbaines abritent à elles seules près du 2/3 de la population : Oujda, le Grand Nador et le Grand Berkane. L'agriculture, comme partout au Maroc, occupe une place considérable dans l'économie de la région, elle est importante surtout dans la partie Nord là où, en plus de la céréaliculture, les cultures industrielles, maraîchères et l'arboriculture fruitière occupent des superficies appréciables. Dans la partie sud, le pastoralisme domine l'activité du monde rural, sur le littoral méditerranéen, la pêche connaît un réel essor dû principalement à l'augmentation de la production du port de Béni N'sar.(7)
Grâce à sa situation géographique, la région du Tanger-Tetouan est une des régions les plus favorisées du Maroc, s'étendant sur une superficie de 11.570 km², soit 1,6 % de la superficie totale du pays, pour une population de 2 545 000 habitants, la densité est de 213,52 hab/km², son chef-lieu est la ville de Tanger. En effet, avec des reliefs plats ou peu vigoureux, des précipitations importantes et des sols fertiles pouvant accueillir toutes sortes de cultures, la région du Tanger-Tetouan est l'une des régions agricoles les plus importantes du Maroc. L'agriculture y est très intensive : avec moins de 17% de la superficie agricole utile du Maroc, la région du Tanger-Tetouan produit près de 40% de la valeur de la production agricole du Maroc. En outre, sa situation géographique et ses infrastructures portuaires qui facilitent les relations avec l'extérieur, ont favorisé son développement industriel et touristique. Après la région du Centre, la région du Tanger-Tetouan est la seconde région industrialisée du pays. (8)
La région de Taza-Al-Hoceima-Taounate est située au nord du Maroc, le long de la côte méditerranéenne. Sa superficie est de 24 155 km² pour une population de 1 830 000 habitants, Son chef lieu est Al-Hoceima, la densité est de 74,81 hab/km². La région de Taza-Al Hoceima-Taounate se distingue par la diversité et la richesse de son milieu naturel. En effet, elle constitue un trait d'union entre le Rif avec son littoral et ses montagnes d'une part, et le Pré-Rif, le Moyen Atlas, le couloir Fès-Taza et la zone steppique d'autre part. Cette diversité de relief s'accompagne d'une multitude d'étages climatiques : sub-humide, humide, semi-aride et aride. Ce milieu fait de la zone un réservoir de ressources hydriques souterraines et superficielles avec les oueds Inaouen, Ouergha, Rhis, Nekkour...
Les données naturelles ont façonné le type d'économie qui a imprégné pendant longtemps la région: l'agriculture en bour et en irrigué (la céréaliculture, l'arboriculture), l'élevage (10% du potentiel national), l'artisanat utilitaire, la pêche (les apports sont estimés à 19 916 tonnes par an environ).(9)

3. Définitions produits méthanisables

La méthanisation (encore appelée « digestion anaérobie ») est la transformation de la matière organique en un biogaz composé principalement de méthane (CH4) et de gaz carbonique (CO2) par un consortium microbien fonctionnant en absence de l'oxygène.
En général, presque toute la matière organique non-toxique peut être traitée par méthanisation, sauf la matière ligneuse et fibreuse comme le bois. Chaque matière n'est pas aussi facilement méthanisable qu'une autre et, en fonction de la concentration en composants organiques, la production potentielle de méthane est différente d'un produit frais à l'autre. Le taux de matière sèche distingue les produits méthanisables liquide des produits méthanisables solides.
Le schéma ci-dessous met en évidence les différentes sources de produits/déchets méthanisables.



Deux groupes principaux pourraient être définis, notamment les déchets ménagers/industriels et les déchets d'origine agricole. Ceux-ci se subdivisent en déjections animales, en cultures énergétiques et résidus de récolte. Les 3 sous-groupements des déchets ménagers et industriels sont les déchets des ménages et des collectivités, les déchets industriels et les déchets commerciaux. (10, 11)

4. Objectifs

Toute entreprise recherche en permanence la création de valeur. Comment arriver à créer de la valeur ajoutée ? Or la plupart des entreprises oublient que tous les déchets qu'ils produisent peuvent eux-mêmes avoir une forte valeur. Le déchet peut devenir de la matière première. (12)
Plusieurs études se sont intéressées à la caractérisation chimique des déchets organiques. Certaines d'entre elles avaient pour principal objectif l'évaluation du potentiel polluant de ces déchets. Dans ce travail l'objectif est plutôt l'évaluation du potentiel énergétique des déchets, et donc voir les déchets du coté positif, et le considérer comme source d'énergie et non pas seulement comme source de pollution. Cette étude nous permettra également de réaliser les études de faisabilité d'un système de méthanisation dans notre région, ceci en se basant sur les particularités nationales, surtout concernant le potentiel en différents substrats biodégradables, et sur le retour d'expérience à l'étranger.(13, 14)

L'étude nous permettra d'établir les critères de pertinence à prendre en compte pour la détermination du potentiel d'une exploitation agricole ou cite quelconque dans notre région, comme outil d'aide à la décision.

5. Matériels et méthodes :

Le potentiel en énergie de biogaz, a été déterminé en trois étapes :

- Détermination du potentiel en résidus et déchets organique dans la région, en se référant aux statistiques des différentes administrations : les monographies des différentes régions et l'annuaire statistique du Maroc du 2008. Les résidus agricoles retenus pour la production végétale sont la paille des céréales, les fanes des légumineuses alimentaires, les feuilles et collets de la betterave à sucre. Pour la production animale, les résidus considérés sont le fumier des bovins, ovins, caprins, équidés, nous avons également estimé les gisements en déchets et résidus industrielles comme les déchets de poisson et des abattoirs, ceci en suivant la démarche déjà adopté par d'autres chercheurs.(15,16,17)
- Traduction du potentiel de déchets organiques en potentiel biogaz, en se basant sur les données bibliographiques et le retour des expériences à l'étranger, notamment les données adoptés par le bureau d'étude suisse EREP SA. (18, 19,20)
- Dans cette perspective, notre étude s'est attachée à recenser à travers le territoire marocain et à cartographier en usant du Système d'Information Géographique (SIG) les gisements où sont disponibles les déchets organiques afin d'aider à l''identification des sites éventuels où pourraient être implantées les unités de biométhanisation ou bioréacteurs à biogaz

6. Résultats

Le tableau et la figure suivants montrent un récapitulatif des quantités des déchets inventoriés.

	Résidus agricoles (T/an)	Fumiers mobilisables (T /an)	Boues d'épuration (T /an)	FFOM (T /an)	Déchets d'abattoirs (T /an)
Région de l'Oriental	1'316'410	1'959'755	1'452	299'702	8'400
Région Tanger-Tétouan	565'670	2'993'845	333	365'161	10'500
Région Al-Hoceima	1'563'160	3'229'860	1'220	280'539	7'900
Total régions du Nord	3'445'240	8'183'460	3'005	945'401	26'800

En quantité les fumiers représentent 65% du total, suivi par les résidus de récolte (27%), dont principalement les résidus céréales, et les FFOM (8%). Au niveau de la région du nord du Maroc, les quantités de boues de STEP et les déchets d'abattoir sont négligeables ainsi que les quantités de déchets générés par la transformation de poisson si on compare la quantité pêchée avec les autres gisements.

Pour la mobilisation des déchets, on a pris compte des points suivants :

- pour ne pas compter en double la quantité de paille, composant principal des résidus de récolte de céréales, on n'utilise pas les chiffres donnés sur la production en résidus mais on prend seulement en compte la quantité de production de fumier, dans laquelle l'utilisation de paille est incorporée.
- concernant les déchets d'abattoirs on ne prend que la matière stercoraire et pas le sang en raison d'une hygiénisation à mettre en place. La matière stercoraire représente 88.2% du total.

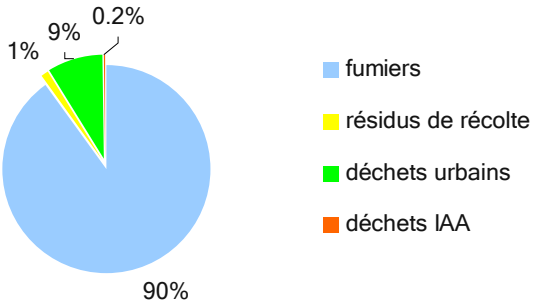
- les déchets d'abattoirs et de poissons sont mis ensemble sous le nom de déchets d'industrie agroalimentaire (déchets IAA)
- les FFOM et les boues de STEP sont mises ensemble sous le nom de déchets urbains. Des FFOM , seules la partie produite dans les régions urbaines est prise en compte, la récupération des déchets dans les zones rurales étant encore plus difficile que dans les zones urbaines. Les totaux en FFOM récupérables issus des zones rurales diminuent ainsi de 945'401 à 480'902 T/an.

Le tableau et la figure suivants présentent le potentiel énergétique théorique des déchets organiques inventoriés pour la méthanisation.

Région	Résidus de récolte	Fumiers	Déchets urbains	Déchets IAA	TOTAL
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Région de l'Oriental	11'630	999'980	154'900	2'370	1'168'880
Région Tanger-Tétouan	11'450	1'288'390	158'640	2'970	1'461'450
Région Al-Hoceima	18'550	1'426'700	49'270	2'220	1'496'740
Total régions du Nord	41'630	3'715'070	362'810	7'560	4'127'070

Le potentiel énergétique théorique total du nord est estimé à 4'178'060 MWh ou 0.33 Mtep.

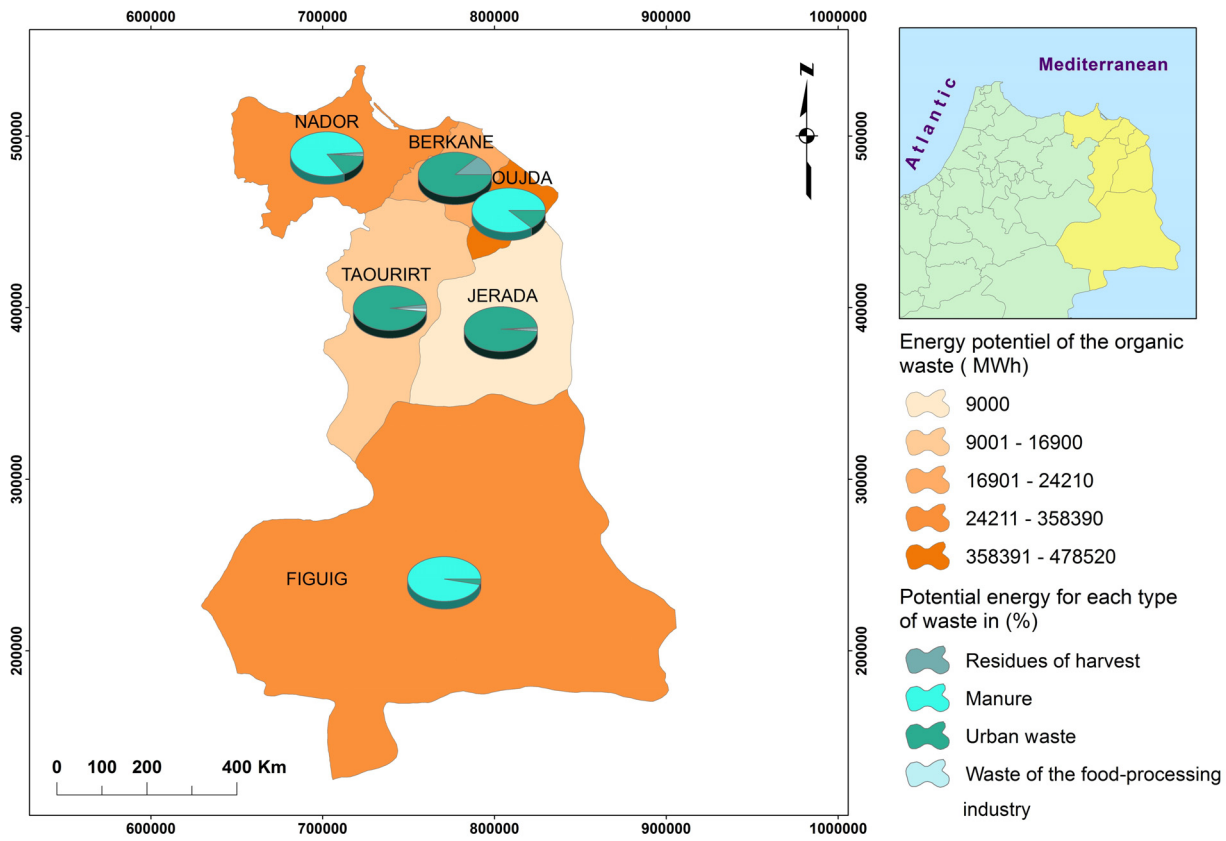
7. Conclusions



Le potentiel énergétique théorique total du nord est estimé à 4'178'060 MWh ou 0.33 Mtep, la proportion énergétique issue des fumiers représente ainsi 90% du total, suivi par les déchets urbains, soit les FFOM pour 9%. Les résidus de récolte, sans céréales représentent ainsi seulement 1% du potentiel énergétique total. Dans les zones rurales et agricoles le gisement principal est constitué par les fumiers ; dans la zone urbaine, par les FFOM.

Ainsi l'estimation du potentiel en énergie de biogaz est une approche estimative, et donc nous permet de tracer une orientation et une vision pour le secteur et la région et le type de déchet le plus promoteur en comparaison avec les autres secteurs, ceci nous permet de classer les priorités et d'orienter les efforts vers la vois la plus pratique.

La cartographie du potentielle en biomasse ne superpose pas la cartographie du potentiel en biogaz, car le substrat le plus énergétique n'est pas forcement le plus abondant.



Références bibliographiques

1- Afilal M.E : Auriol M., Filali-Meknassi Y., 2007. Bilan sur les sources d'énergie renouvelables au Maroc. Chapitre du livre "Les énergies renouvelables au Maroc – Le débat est lancé". UNESCO, 196 pp . ISBN : 9954-8068-2-2

2- Centre d'information sur l'énergie durable et l'environnement du Maroc, les énergies renouvelables : présentation général sur http://www.ciede.org.ma/siedcc/siedcc/InfosTechniques/ENR_PresGen.html>

3- Gerhard Roller : Etude sur le cadre organisationnel, institutionnel et législatif pour la promotion des Énergies Renouvelables, Rapport préfinal – Version longue, Juillet/Décembre 2007 Reference no.: 81087707 Project no.: 2003.3505.9-000.00 Project title: Renewable Energies and Energy Efficiency Country: Morocco,

4- AMAHROUCH A, JLAIDI M, BENCHIKH O, MOUBDI M :1995, Maintenance des digesteurs à biogaz volume 4, publié par UNESCO et CDER dépôt légal N° :1251 /1995

5- AFILAL M.E , Abdelali El Rhammad: Valorisation des résidus de plantes médicinales par fermentation méthanique. H. Greche & A. Ennabili (éd.) 2009. Recherches sur les plantes aromatiques et médicinales. Actes du congrès international des 22-24 mars 2007, Mezraoua (Taounate) & Fès, Maroc, p.276-280. ISBN : 978-9954-1-4960-0

6- AFILAL M.E., MONCEF M., BENYAMNA A. : valorisation des déchets organiques par biomethanisation, Revue des énergies renouvelables, numéro spéciale. Algérie 2007. Dépôt légale 1177-98. ISSN/1112-2242

7- Monographie environnemental da la région oriental 2002 et 2008 : document publié par le haut commissariat du plan. Royaume du Maroc

8- présentation de la région Tanger -Tétouan sur : Fr.wikipedia.org/wiki/Tanger-Tétouan

9- présentation Taza-Al Hoceima-Taounate sur http://fr.wikipedia.org/wiki/Taza-Al_Hoceima-Taounate

10- L'article 3 de la loi marocain n° 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination publié par le Ministère de l'aménagement du territoire de l'eau et de l'environnement, dépôt légal : 0336-2007.

11- définition des déchets organiques sur www.science-decision.fr/cgi-bin/topic.php?topic=BUR

12- Moletta René : 2008 : la méthanisation, éditions TEC et DOC publié par LAVOISIER ISBN :978-2-7430-1036-2

13- Oleksandr Tretyakov, « Estimation du potentiel énergétique des déchets agricoles comme source d'approvisionnement décentralisé pour l'espace rural (l'exemple de la région de Kharkiv, Ukraine) », Cybergeo, Aménagement, Urbanisme, article 431, mis en ligne le 14 novembre 2008, modifié le 26 novembre 2008. URL : http://www.cybergeo.eu/index20573.html. Consulté le 30 novembre 2008.

14- MLAOUHI A. (1) ; ALOUINI Z. (1) ; DEPEYRE D. (2) ; Evaluation et perspectives du potentiel du biogaz à partir des déjections animales en Tunisie = Estimation and perspectives of the theoretical potential of biogas production from farm animal manure in Tunisia ,Revue des régions arides ISSN 0330-7956 , 2003, no14, pp. 115-132 [18 page(s)

15- Mohamed RAFRAFI ; El Mostafa KABIL et Brahim DROUSSI : 2006 Design and Application of an Innovative Composting Unit for the Effective Treatment of Sludge and other Biodegradable Organic Waste in Morocco MOROCOMP (LIFE TCY05/MA000141) ANNEX 5:EVALUATION OF THE PRODUCTION OF AGRICULTURAL RESIDUES IN MOROCCO Evaluation de la production des résidus agricoles au Maroc. UNIVERSITE CHOUAIB DOUKKALI Faculté des Sciences El Jadida

16- Annuaire statistique du Maroc 2008. Dépôt légal :2008/2616 ISSN :1116-6974 ISBN :978-9981-56-082-0

17- LA PRODUCTION D'ENERGIES RENOUVELABLES EN MILIEU RURAL en France, sur : www.france.cuma.fr/dossiers/international/proaerenewsletters/unite-4-biogaz.pdf

18- Membrez Y.et Tacchini C. 2007 : La situation de la méthanisation en Suisse , Revue des énergies renouvelables, numéro spéciale. Algérie 2007. Dépôt légale 1177-98. ISSN/1112-2242

19- Données de bases pour les méthaniseurs à la ferme en Allemagne, Édition de Mars 2005 sur :www.nachwachsende-rohstoffe.de

20- Etude RECORD, potentiel et facteurs d'émergence de la récupération du biogaz et des gaz fatals, 2004, 259p, n°02-0415/1A (www.record-net.org)

Horizontal well performance flow simulation to model new perforation and fracturing tight and shale gas reservoir

A, ZEBOUDJ Fayçal[1]

[1]Physics Department, University Mentouri Constantine, Route ain el bey Constantine, Algeria,
Zeboudj@gmail.com

Abstract. An understanding of flow along horizontal wells can be important for reservoir management, specially: Tight and shale reservoir. As the completed length in such wells is considerably larger than that in conventional vertical wells, the flow field inside the wellbore can have a significant impact on the overall production characteristics of an oil reservoir. Flow in a well-bore is different from conventional pipe flow due to the presence of wall inflow (as in production wells) or outflow (as in injection wells), and this affects the wall friction, acceleration, and flow patterns inside the pipe. To better understand wellbore flow, Computational Fluid Dynamics (**CFD**) simulation has been used. A significant advantage of such simulation, besides the fact that they could potentially replace actual experiments, is that they offer a large amount of information on the turbulent velocity and pressure fields. One of the applications of such information is the development of new techniques in the perforation technology and fracturing shale and tight Gas reservoir, based upon **FLUENT** (a commercial CFD software) simulations.

Keywords: Horizontal well, CFD, Pressure loss, Performance.

1. Introduction.

Computational Fluid Dynamics (**CFD**) can be described as the use of numerical computing to produce information about the ways in which fluids flow in given situations. CFD techniques have been widely applied in the aerospace, automobile and defense sectors and numerous other industries where describing or simulating fluid flow fields and properties are important. In this report we consider the application of **CFD** for the description of flow in horizontal oil wells. A horizontal well consists of a long perforated pipe (linear) into which fluid enters through perforations in the wall. The pressure difference between the reservoir and the wellbore liner determines the local production rate.
The pressure drop in the well liner is caused by a number of factors:
- The acceleration pressure gradient due to wall inflow or outflow.
- The pressure gradient due to inflow direction: Inflow may enhance
the axial flow if the inflow angle is less than 90 degrees, whereas it may hinder the axial flow if the inflow angle is greater than 90 degrees.
However, under practical flow conditions, the inflow directional effect is negligible.
- The frictional pressure gradient.
- The gravitational pressure gradient (for inclined wellbores).
It has been observed that this pressure drop reduces the production as one move from the production end (heel) towards the closed end (toe) of the well. Consequently there is higher production in the heel

region of the well as compared with the toe of the well. This can sometimes lead to extreme results, like more than half the production from the first quarter length of the well. Such phenomena reduce the productivity of the well, and hence the flow fields and parameters which affect production in a horizontal well need to be investigated and understood.
In this context, the most commonly used models are two equation models called $k - Epsilon$ models [8]. Such models have been extensively tested for industrial pipe flows and other practical applications. These models use the assumption of isotropic turbulent viscosity, even though this is not strictly consistent with the anisotropic nature of the turbulent structure of the flow field. Still, as far as prediction of global parameters like pressure drops is concerned, the two equation models have proven to be adequately robust. If the details of the flow field are desired, these models could still be used with some modifications, but one would then probably need to use the full Reynolds Stress models, albeit at a large increase in computational time.

2. Industrial context and application.

2.1. History of Horizontal well.

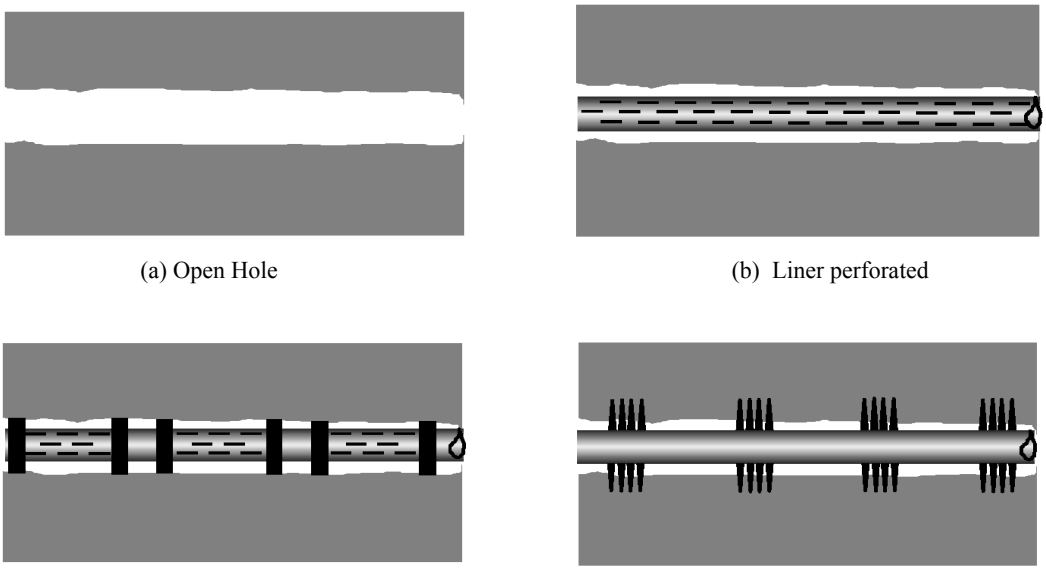
The idea of drilling Horizontal wells is very old, the first one has been drilled early in 1940, but it was very expensive. The development of new technology recently participate in the use of non conventional drilling and specially Horizontal well, so it enhances worldwide reserves by accessing difficult targets in the reservoir of Hydrocarbon.

2.2. Kind of Horizontal well.

- Vertical
- Slant
- Directional
- Horizontal

2.3. Horizontal well completion and perforation.

The following are the four types of completion it exists in the industry application**:**



(a) Open Hole (b) Liner perforated

(c) Liner with casing (d) Casing cemented and perforated

Fig 1. Horizontal well completion

The case (d), the horizontal drain has to be cemented and after that perforated or fractured was chosen as the best completion in Algeria. This completion was a prototype for our simulation study with some Hypothesis simplification to model the situation; it is to be close to the reality mathematically and physically.

3. Hypothesis for mathematics modelling:

- **3D** model, Cartesian coordinates
- Turbulent Flow, isothermal no heat exchange with environment
- Steady state, incompressible flow, single phase flow.

3.1. Geometry model & problematic:

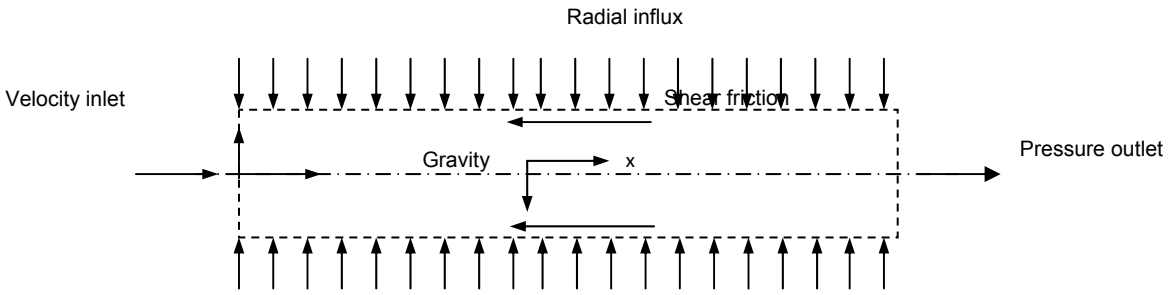


Fig 2. Horizontal well model configuration with fluid inflow or outflow through the wellbore

This configuration correspond to **profile0** in our pressure loss study sensitivity, it is a uniform radial inflow modelling.

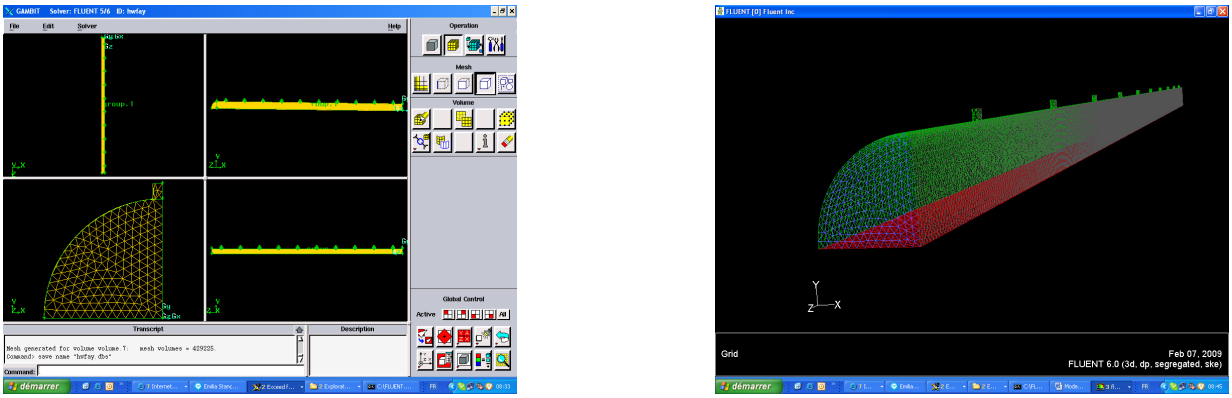


Fig 3. Horizontal well model configuration for CFD modeling and 3D mesh

4. Pressure loss quantification.

4.1. Numerical simulation results.

Table 1. Pressure loss inside wellbore (drain)

Re (10^3)	friction factor	ΔP-frottement	ΔP-acceleration	ΔP-total
140	0,0084	10,16	5	15,16
130	0,0085	8,64	4,18	12,83
120	0,0086	7,69	3,68	11,38
100	0,009	5,54	2,56	8,1
90	0,0092	4,4	1,99	6,39
80	0,0094	3,71	1,64	5,35
70	0,0096	3,07	1,33	4,4
60	0,0099	2,21	0,94	3,15
50	0,0109	1,6	0,65	2,25
40	0,0108	1,07	0,41	1,49

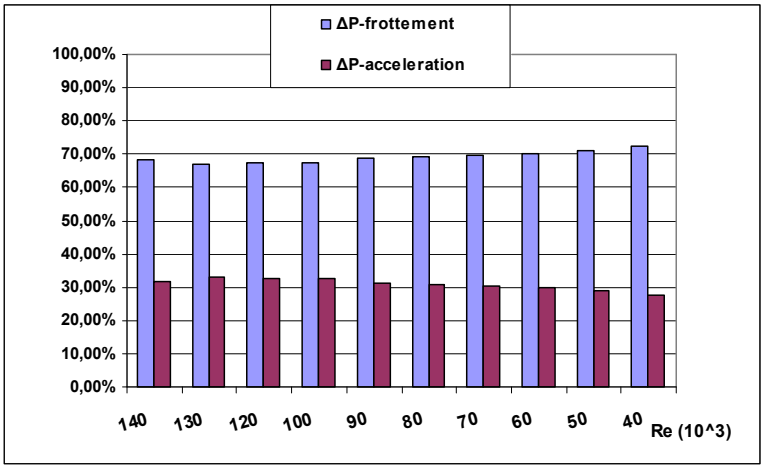


Fig 4. pressure drop vs Reynolds number

As it is shown in the above Histogram plot, 30% of pressure loss is according to acceleration effect (perforation fluid penetration), the part of acceleration effect is very important, so any correlation for the friction factor neglected this point has to be reviewed.The pressure loss due to shear friction factor is high and as it is seen it is 70 % of the total pressure Drop, it is clear that this percentage remains relatively constant for the different Reynolds number.

5. Fluid radial flow penetration simulation through fractures or perforation.

In this section we will consider different profile of fluid penetration through perforation to the pipe (radial influx) or fractures of tight or shale reservoir, five models will be mathematically modeled and simulated, in addition to the uniform profile0 see Fig 2.

Table 2. Pressure losses inside different modelling profiles

	Profil0	**Profil1**	**Profil2**	**Profil3**	**profil4**	**profil5**
ΔP-friction	0,720469	0,008408	0,695512	0,016949	0,695513	0,694921
ΔP- Total	0,984867	0,016172	0,756439	0,112718	0,756093	0,758257

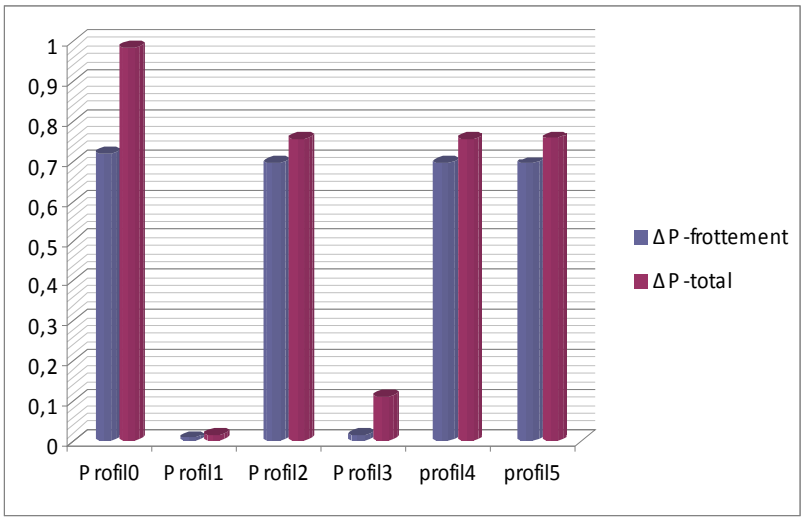


Fig 5. radial flow penetration sensitivity (pressure Drop)

As it show in the Histogram above, the best perforation configuration is the profile 1 and 2, the pressure loss is very low in the both cases and profile3 is the best one, profile 4 and 5 are similar and do not present much better situation than profile0.The profile 0 is the worst one in term of pressure loss, therefore we conclude the following: it is essential to perforate the drain partially and gradually from the middle to the end of the drain. Perforating the total length of the drain has to be avoided, except like profile3, the maximum entry is from the middle of the drain. Same conclusion is applicable on fracturing possibility of tight and shale reservoir.

6. Perforation profiles configuration profiles.

6.1 Radial inflow modeling:

Through this section we will present the different configurations of radial flow penetration through perforation (mathematics modeling used in the simulation). The pressure loss was calculated; to advice and to answer the question of what kind of perforation is adequate for a better well performance.

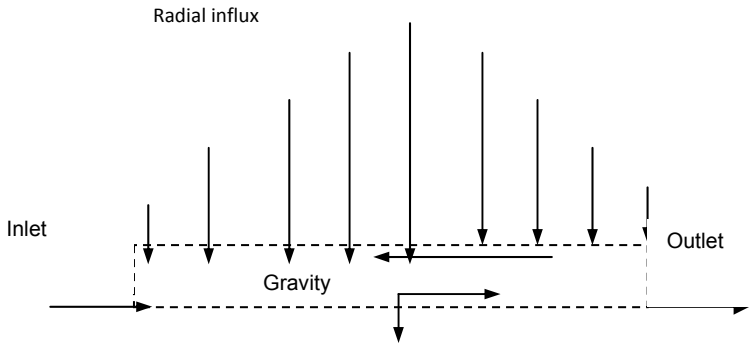


Fig 6. Full penetration (triangular symmetric) profile1

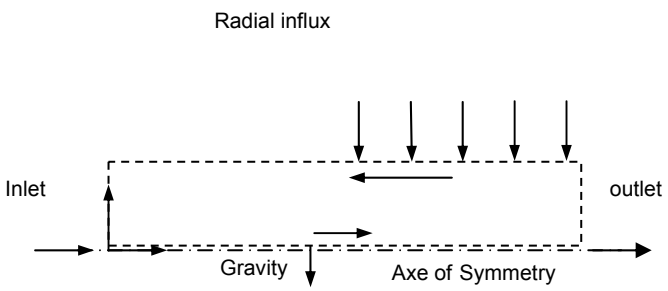


Fig 7. Semi uniform radial influx- profile5

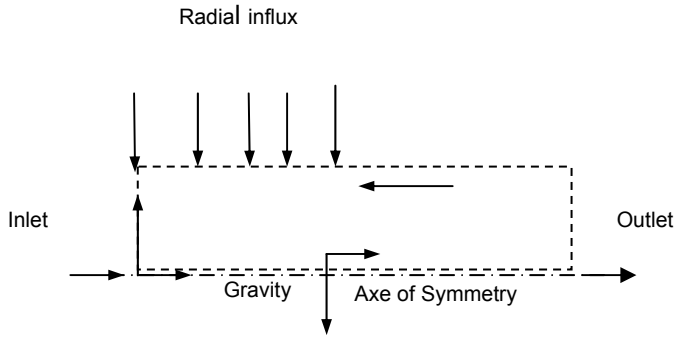


Fig 8. Semi uniform radial influx- profile4

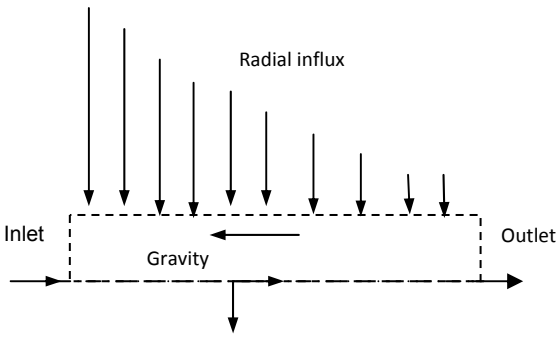


Fig 9. Full perforation triangular penetration prodile3

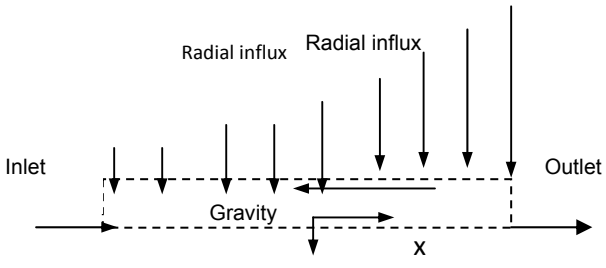


Fig 10. Full perforation triangular penetration profile2

7. Conclusion.

At the end of this study, better performance in term of 'well deliverability' can be reached following the result of the simulation and cost saving can be advised, since perforation is very expansive. It was

found that:Pressure loss due to acceleration ‘perforation’ is considerable and equal to 30 % of the total pressure Drop. So, the correlation where pressure loss ‘radial inflow’ was neglected is not acceptable and better correlation can be suggested in the future ;New configuration for perforation was proposed (profile1&3) it helps saving perforation cost, therefore : The important point to focus on is: we have to develop new correlation for friction factor **f** ;Other point that, new perforation are recommended based on the configuration profile1 and 3 ; (See appendice1). At the end we recommend in the future work to consider the following points:

- Multiphase flow ‘Gas-Oil-Water’
- Heat exchange with the rock ‘reservoir’
- Develop a new correlation which includes the number of perforation at the wall.

Acknowledgements

All my Acknowledgments to my supervisor Bahi Lakhdar and University Mentouri Constantine helping me to prepare this work.

References

[1] A.Ouyang, L., B.Arbabi, S. and C.Aziz, K. ‘’A Single-Phase Wellbore-Flow Model for Horizontal, Vertical and Slanted Wells", *SPE Journal*, June 1998.

[2] A.Ouyang, L., et al. ‘’An Experimental Study of Single-Phase and Two-Phase Fluid Flow in Horizontal Wells", SPE paper 46221, presented at the 1998 SPE Western Regional Meeting, California, USA, 1998.

[3] A.Ouyang, L. Single Phase and Multiphase Fluid Flow in Horizontal Wells, PhD. Thesis, Department of Petroleum Engineering, Stanford University, California, USA, 1998.

[4] A.Aziz, K.and B.Ouyang, L. ‘’Steady State Gas Flow in Pipes", *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Vol. 14, pp. 137-158, 1996.

[5] A.Versteeg, H.K. and B.Malalasekera, W. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics - the Finite Volume Method*, Longman Scientific and Technical, Essex, England, 1995.

[6] A. Shaw, C. T. *Using Computational Fluid Dynamics*, Prentice Hall International (UK), Hertfordshire, UK, 1992.

[7] A.Pnueli, D. and B.Gunter, *Fluid Mechanics*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1992.

[8] A.Schlichting, H. *Boundary Layer Theory*, McGraw-Hill Book Company, Taiwan, 1979.

[9] A.Schulkes, Modeling Flow Characteristics in a Horizontal Well, FLUENT Users Conference, London, May 1996.

[10] A.Hozef arif, Application of Computational Fluid Dynamics (CFDLIB) to the Modeling of Flow in Horizontal Well, Master of Science Thesis, Stanford University, Jun 1999.

[11] A.Dikkek, BJ. Pressure Drop in Horizontal Wells and Its Effect on production performance,’ JPT (Nov.1990) 29.

[12] A.S. D. Joshi-Horizontal Well Technology, Students Book

Étude des performances thermiques de la forme géométrique d'un concentrateur sphérique

Nadir BELLEL

Laboratoire Physique énergétique, Université Mentouri, Constantine 25000. Algeria
e-mail : bellelnadir@yahoo.fr

Abstract. Le but principal de ce travail est l'étude de types d'absorbeur cylindrique d'un concentrateur sphérique; nous avons deux récepteurs, le premier cylindrique fermé et le second serpentin à l'intérieur d'un récepteur cylindrique, nous nous sommes particulièrement attachés à la détermination des caractéristiques de fonctionnement, température de l'absorbeur, efficacités, les différentes puissances. Les équations gouvernantes le fonctionnement de l'absorbeur afin de déterminée la température concentrée au niveau de la surface captatrice de ce dernier, dans le premier absorbeur nous avons déterminée la distribution de la température dans un cylindre fermé sont résolues par un schéma implicite. La confrontation des résultats numérique avec ceux obtenus le dans le cadre d'une étude expérimentale menée en parallèle, montre une bonne concordance du code de calcul élaboré.

Mots clés : concentrateur sphérique, absorbeur, puissances, code de calcul

1. Introduction.

Le chauffage par la concentration solaire est une application pour obtenir des températures élevées et puisque le rendement des systèmes de génération électrique et de réfrigération croit avec l'augmentation de la température. Le concentrateur sphérique est préférable pour obtenir des température plus de 500°C au niveau de la surface captatrice du l'absorbeur.
L'intérêt de ce travail consiste à étudier le comportement thermique de deux absorbeurs cylindriques en acier le premier remplir par l'eau, et le deuxième contenant un serpentin en cuivre ouvert par la base où circule le fluide caloporteur (eau) dont l'apport d'énergie est assurée par un concentrateur sphérique.
La modélisation est basée sur le calcul d'un bilan thermique au niveau des paramètres suivants de l'absorbeur

- La température concentrée a la surface captatrice de l'absorbeur;
- La distribution de la température dans le cylindre fermé et comparée avec la mesure;
- Le calcule des différentes des puissances au niveau de l'absorbeur;
- L'efficacité;
- La différence de température de fluide caloporteur entre l'entré et la sotie du serpentin et comparé avec la mesure;

Le miroir c'est calotte sphérique de surface de 0,636 m^2 repose sur un support métallique de type équatorial,

2. Description de système

Notre montage consiste en un mouvement à deux axes perpendiculaires, altazimutale et équatorial. Il est composé de deux éléments essentiels, un réflecteur et un absorbeur
Le miroir est une calotte sphérique recouverte d'argent, soutenu par un gabarit en bronze (le réflecteur).

Nous avons deux cylindres en acier, le premier fermé contenant de l'eau pénétré d'une tige de même longueur supportant 04 thermocouples de type J enveloppé par une laine de verre d'épaisseur deux (02) cm et elle-même recouverte par une matière réfléchissante excepté à la base (face captant le rayonnement concentré). Le deuxième cylindre possède une ouverture à la base contenant un serpentin en cuivre à ses extrémités se trouvent deux thermocouples.
Les thermocouples des deux cylindres sont reliés au système d'acquisition de données.
Le montage du concentrateur est illustré par la figure ci-dessous.

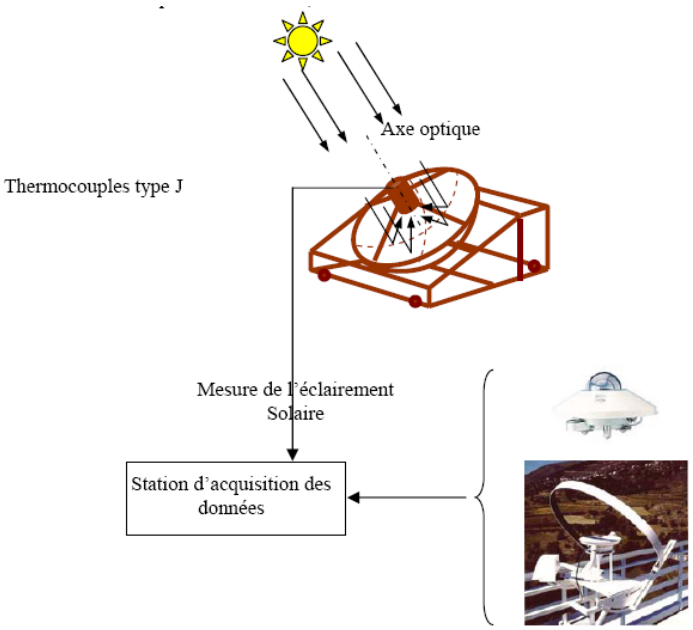


Fig. 1 Installation du concentrateur

3. Bilan thermique

Pour réaliser un bilan énergétique sur un absorbeur solaire sous forme cylindrique, pour cela on isole la surface qui absorbe le rayonnement solaire concentré par le réflecteur. Le bilan énergétique de la surface absorbante de concentration solaire peut être écrit sous forme [1] :

$$\dot{Q}_{util} = \left(m_{abs} c_{abs} + m_f c_f\right) \frac{dT_{abs}}{dt} \qquad (1)$$

$\dot{Q}_{util}$: L'énergie utile transmise par la surface réceptrice du rayonnement concentré par le réflecteur.

3.1 Expression de la température de l'absorbeur

On calcul la température de la surface captive de l'absorbeur à partir de l'équation [5] ci-après.

$$\dot{Q}_{util} = \eta_{opt} I_{DN} A_{abs} - U_{glob}(T_{abs} - T_{amb}) A_{ref} \tag{2}$$

On trouve l'équation suivante :

$$T_{abs}(t) = T_{amb} + \frac{P_{opt}}{U_{glob}} - \left(\frac{P_{opt}}{U_{glob}} - T(t_0) + T_{amb} \right) . e^{-\left[\frac{U_{glob} A_{abs}}{mc} (t - t_0) \right]} \tag{3}$$

L'efficacité se définit comme le rapport de l'énergie thermique absorbée par l'absorbeur et l'énergie reçue à l'ouverture du réflecteur [5, 6].

Le cylindre illustré à la figure ci dessous, initialement isotherme de température T_0 (température de l'eau). au temps t = 0, on impose la température T_{amb} sur la surface captatrice, ou l'absence de rayonnement concentré au niveau de cette surface, on au condition initial $T(z,t=0) = T_0$ ainsi que au condition au T(0, t) L = T_{abs}, $\lambda_f = \lambda_f(T)$, $\rho_f = \rho_f(T)$ et $c_p = c_p(T)$ en fonction de la température du fluide (eau).

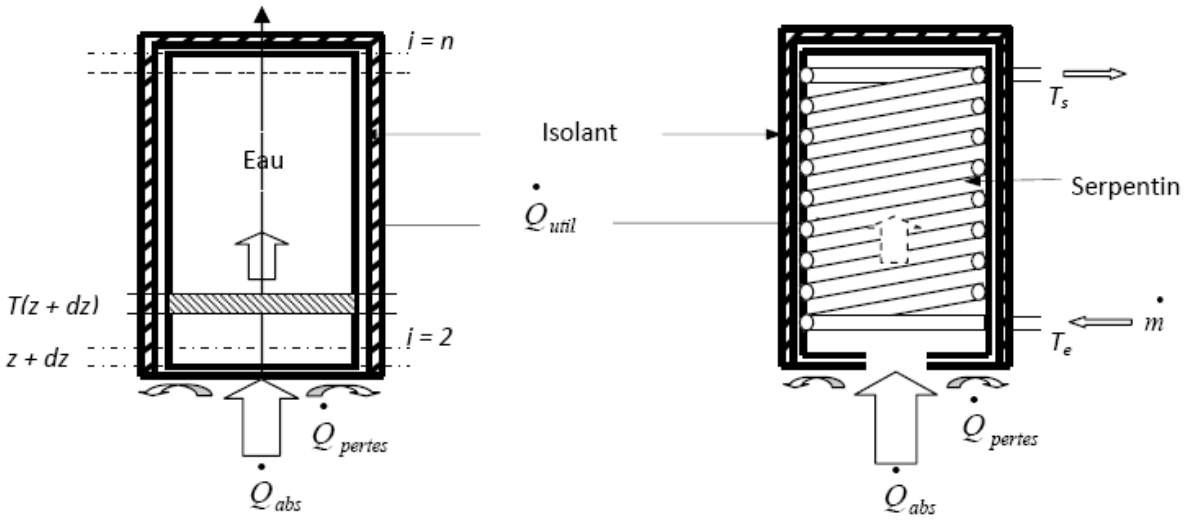


Fig. 2 Schéma illustratif d'un absorbeur cylindrique fermé.

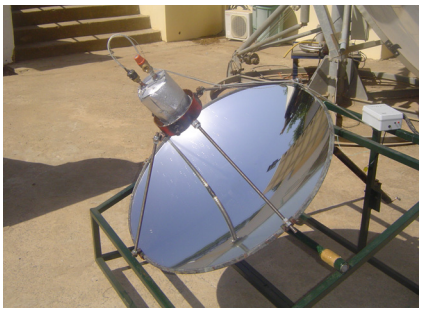


Fig. 3 Exposition du concentrateur au soleil

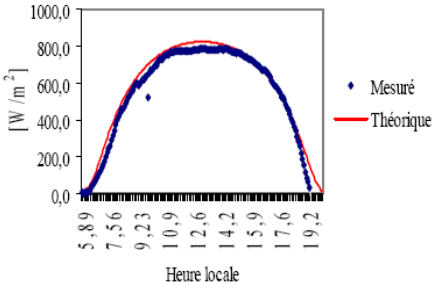


Fig. 4 L'éclairement solaire direct du 27/06/2004.

La figure 3 illustre le prototype de l'absorbeur contenant un serpentin en cuivre circule l'eau à l'intérieur de ce dernier. Le système d'équations obtenu est résolu par un schéma implicite de la méthode différence finis suivant l'espace et le temps.

4. Résultat et discussion

La figure 4 montre la variation de l'éclairement au cours de la journée, on constate que l'éclairement direct théorique suit l'éclairement mesuré, avec une erreur relative moins de 10 %.

L'augmentation du Diamètre du réflecteur fait augmenter la concentration géométrique de ce fait, fait augmenter la température de l'absorbeur. Lorsque la dimension du réflecteur augmente, le flux concentré au niveau de l'absorbeur augmente la valeur de la température à des niveaux élevés.

4.1 Évolution des puissances journalières

Dans la figure 6, nous montrons l'évolution des puissances perdue, utile et absorbée. Le chauffage continue jusqu'à atteindre l'état d'équilibre entre la puissance incidente du réflecteur et la puissance perdue (la puissance utile nulle) [14], Dans ce point la température de stagnation est atteinte.

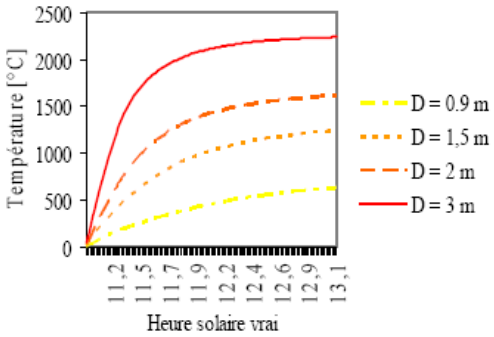


Fig. 5 montre l'influence du miroir sur la température de l'absorbeur

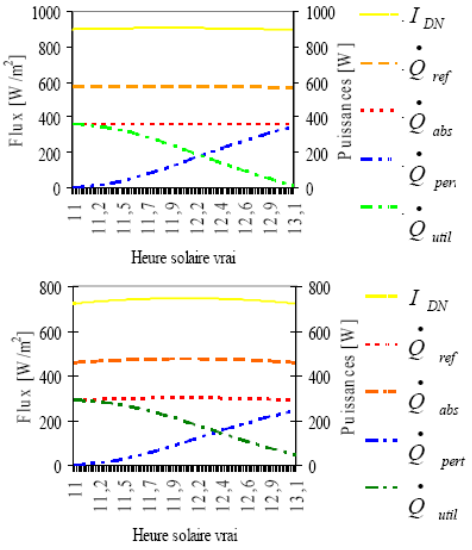


Fig. 6 variation des différentes puissances en fonction de la journée de 22/07/2008 et 22/12/2008

4.2 Évolution théorique de la température de l'absorbeur

Cette température croit avec en fonction du rayonnement solaire concentré à l'ouverture de l'absorbeur. L'absorbeur est en état d'équilibre(température de stagnation) [4].

4.3 Évolution des flux et pertes thermiques

L'évolution des flux ont la même révolution par rapport aux puissances, Les pertes thermiques par rayonnement sont très importantes par rapport aux pertes thermiques par convection et par conduction.

4.4 La distribution de la température

Sachant que les propriétés thermophysiques de l'acier diffèrent de celle de l'eau $\lambda_{eau} = 0{,}6$ W/m/K, $\lambda_{acier} = 48$ W/m/K, $C_{peau}(T)$ = [4180 – 5700] J/kg/K, $C_{p\ acier}$ = 465 J/kg/K, ce qui signifie que le transfert thermique par conduction est plus important dans les parois de l'absorbeur que dans l'eau située à l'intérieur du récepteur. Illustré à la figure 11.

On constate que la courbe théorique et les niveaux de mesures (thermocouple) suivent pratiquement la même allure, cependant on remarque une légère hausse à l'extrémité de la courbe liée du fait que les propriétés physiques de l'acier (absorbeur) et de l'eau telles que la conductivité thermique et la capacité calorifique qui sont différentes. En effet la propagation de la chaleur par conduction dans l'absorbeur (acier) est plus rapide que dans l'eau, de ce fait l'absorbeur, dans sa partie supérieure devient une source de chaleur ce qui explique l'augmentation de la température.

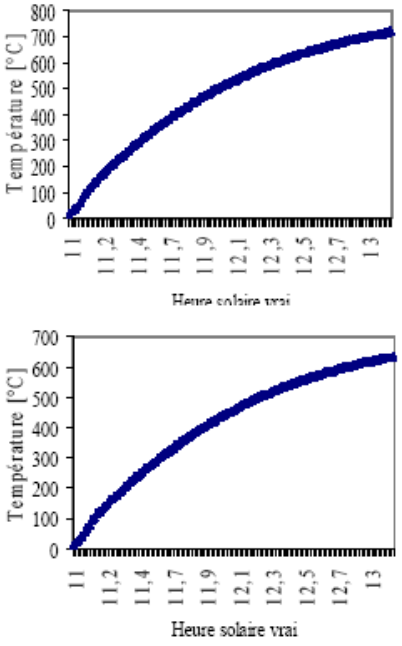


Fig. 7 Variation de température d'absorbeur durant les journée de 22/07/2008 et 22/12/2008

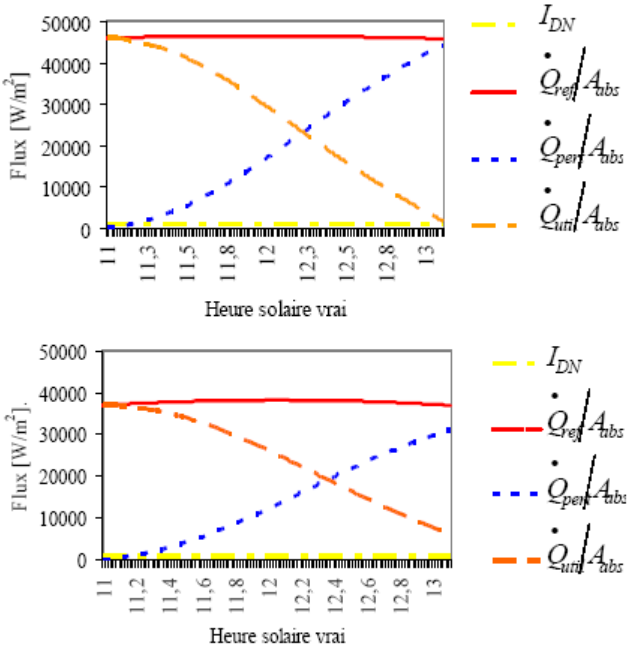


Fig. 9 Variation des flux thermique du 22/07/2008 et de 22/12/2008

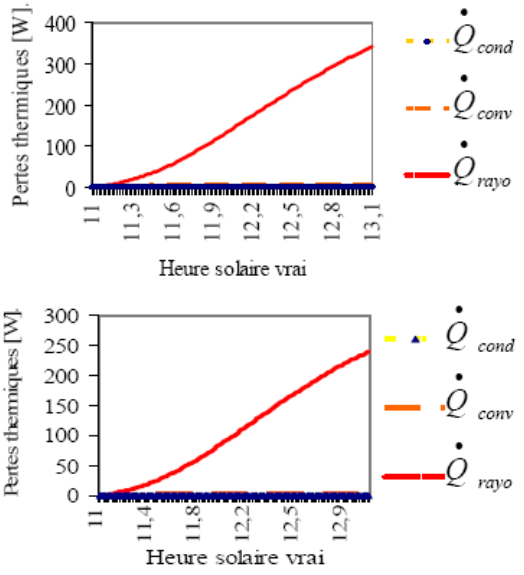


Fig. 10 variation des pertes thermique du 22/07/2008 et 22/12/2008.

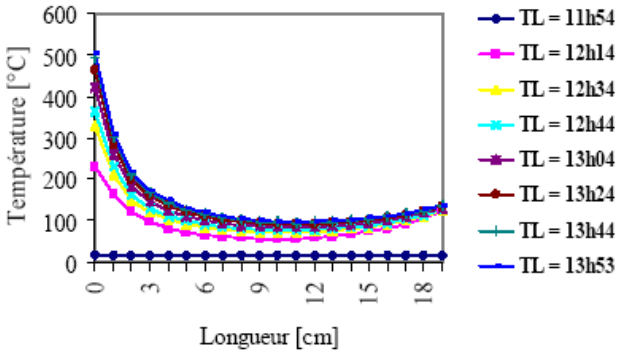


Fig. 11 Distribution de la température de l'eau au niveau du récepteur

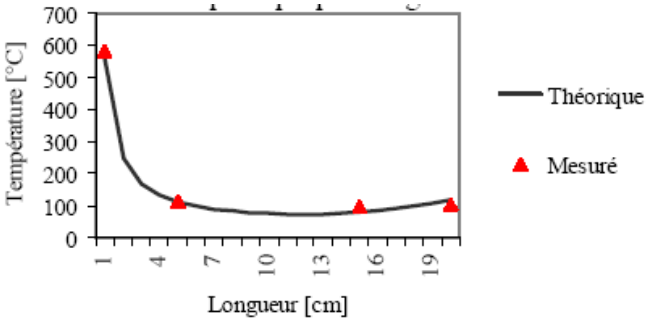


Fig. 12 comparaison entre température du l'absorbeur mesuré et estimé

La figure 12 montre la concordance entre les points des mesurés par les thermocouples et la stratification thermique calculée par le modèle

4.5 Comparaison entre température mesurée et Estimée

Dans la figure 14 montre la stratification da la température de l'eau mesuré. La température augmente jusqu'à la température de stagnation.

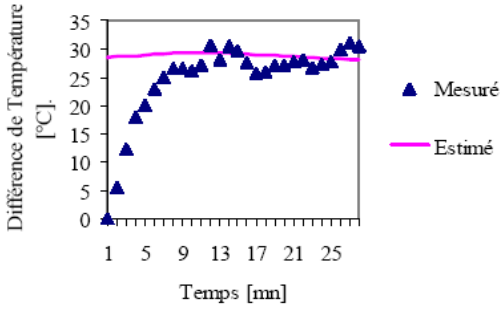


Figure.13 Comparaison entre la variation de différences températures mesurée et estimée, du 05/08/2008

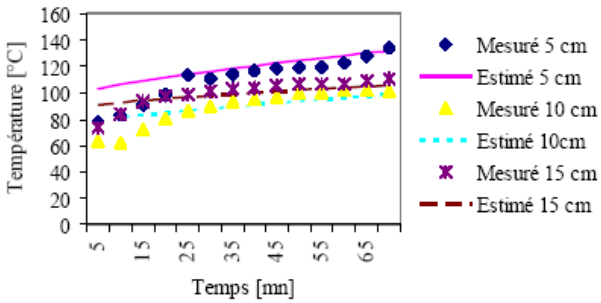


Fig. 14 Comparaison entre la stratification thermique mesuré et estimé [09h48 - 10h58]

5. Conclusions.

Le présent travail est une contribution dans le domaine des concentrateurs solaires sphérique, il s'intéresse particulièrement aux problèmes de transfert de chaleur dans l'absorbeur, c'est la convertion de l'énergie solaire concentré en énergie thermique permetant de répondre aux différents besoins : production d'eau chaude, production d'énergie électrique par la génération de vapeur d'eau, stérilisation d'objet (instruments médicaux), etc.

Les pertes optiques ainsi que les pertes par convection et conduction sont en première approximation proportionnelle à la température. Les pertes thermiques par rayonnement sont par contre proportionnelles à la puissance quatrième de la température, conformément à la loi de Stefan-Boltzmann. Parmi les résultats les plus importants, nous pouvons citer que:

- L'augmentation du diamètre du réflecteur entraîne une augmentation de la température du fluide caloporteur dans l'absorbeur.
- La vitesse du vent influence également la température du fluide caloporteur cependant cette influence est petite.
- Le rendement thermique du concentrateur est d'autant meilleur que la température de l'absorbeur est basse.

La diminution du débit massique entraîne une augmentation de la température du fluide caloporteur.

References

[1] N.M. Bahadori, Design of solar autoclave. Solar Energy, Vol.18, pp. 489- 496. Pergamon press 1976.
[2] M. B. Habeebullah, A. M. Khalifa, and I. Olw, The oven receiver an approach toward the revival of concentrating solar cookers, Solar Energy, Vol. 54, No. 4, pp. 227-237, 1995.
[3] FdhjA. Rabl, Optical and thermal Properties of compound Parabolic concentrators, Solar

Energy. Vol 18, pp 497-511. Pergamon press 1976. [9] R. Bernard, G. Menguy, M. Schwartz, Le rayonnement solaire conversion thermique et Applications. Edition Tec-Doc, 1980.

[4] D. Faiman, Solar thermal Collectors. Introduction to solar energy. Lecture 5 version 3 .1.2003.
[5] O. C. Jorgensen, Collector heat capacity effect on solar system performance, Solar Energy. Vol29. No.2. pp 175-176, Printed in Great Britain. 1982.
[6] J.E. Braun et J.C. Mitchell, Solar geometry for fixed and tracking surface. Solar Energy. vol. 31, no5, pp. 439-444, 1983.
[7] S.J. Harrison, Q. Lin and L.C.S. Mesquita, Integral stagnation temperature control for Solar. SESCI 2004 Conference University of Waterloo Waterloo, Ontario, Canada August 21st–25th, 2004.
[8] F. Kreith, D.Y. Goswami, Handbook of Energy Efficacity and Renewable energy, by Taylor & Francis group LLC, 2007.

FPGA-based implementation of a new control scheme (GA-FLC) for maximum power point tracking

A, Mellit[1,*,+], A, Messai [2] and M, Drif[3]

[1]Department of Electronics, Faculty of Sciences and Technology, Jijel University, Ouled-aissa, P.O. Box .98, Jijel, 18000, Algeria, amellit@ictp.it
[2]CRNB Ain Oussera, P.O. Box 180, 17200, Djelfa, Algeria
[3]Department of Electronics, M'ssila Univsity, Algeria

Abstract. In this paper, a new control scheme of the Maximum power point tracking (MPPT) is described, it consists to optimize and implement a Fuzzy Logic Controller (FLC) used as a MPPT for a stand-alone PV system. The near optimum design for membership functions and control rules were found simultaneously by genetic algorithms (GAs) which are search algorithms based on the mechanism of natural selection and genetics. The FLC thus designed, as well as the components of the PV control unit, were implemented efficiently on a Xilinx reconfigurable field-programmable gate array (FPGA) chip using VHDL hardware description language. The obtained simulation results confirm the good tracking efficiency and fast response in rapid variation of climatic conditions.

Keywords: Photovoltaic, MPPT, Fuzzy logic controller, Genetic Algorithms Optimization, FPGA, VHDL.

1. Introduction

Photovoltaic (PV) generation is becoming increasingly important as a renewable source since it exhibits many merits such as cleanness, little maintenance and no noise. However, it still presents a vast area of competition comparing to conventional energy resources due to its high cost and low efficiency during energy conversion. Therefore, in order to extract the maximum power from PV modules under varying loads and weather conditions, an MPPT (Maximum Power Point Tracking) controller should be integrated in PV systems, thus, tracking the maximum power point of a photovoltaic module is an essential task in a PV control system.

*Corresponding author: amellit@ictp.it
+ Associate member at the International Centre for Theoretical and Physics (ICTP), Trieste, Italy

Consequently, various efficient MPPT (Maximum Power Point Tracking) techniques have been developed and proposed in literature [1,2,3]. Therefore, MPPT must usually be integrated with photovoltaic (PV) power systems so that the photovoltaic arrays are able to deliver the maximum power available.

Recent advances in artificial intelligent techniques embedded into a Field Programmable Gate Array (FPGA) allowed the application of such technologies in real engineering problems (robotic, image and signal processing, control, power electronics, etc.), however, the application of such technologies in the solar energy field is limited. The embedded intelligent algorithm into FPGA can play a very important role in PV systems for control, monitoring, supervision, etc. [4].

In this work, we propose a more efficient design for a FLC-based MPPT planned to be used in stand-alone PV systems.

2. Methodology and results

Our strategy is based on GAs which choose optimally and simultaneously both membership functions and control rules for the FLC. The procedure followed makes the design of this type of MPP tracker simpler and more efficient. The designed controller is than implemented on reconfigurable field-programmable gate array for real time application in photovoltaic systems. The block diagram of the FPGA implemented MPPT is shown in **Fig. 1**.

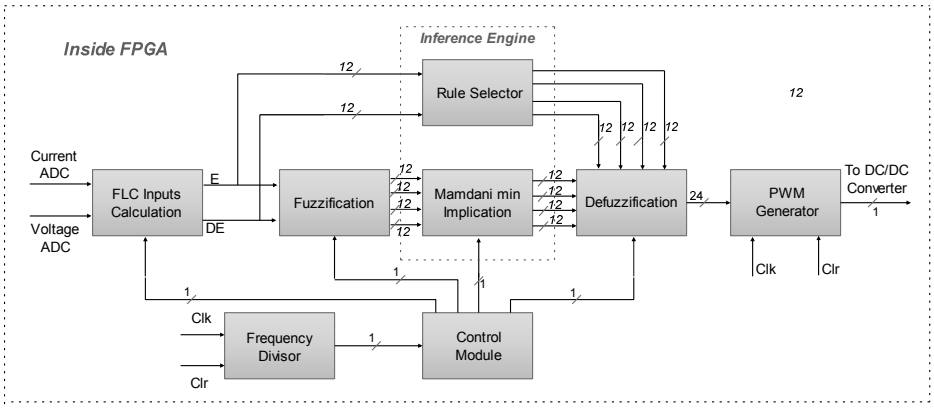


Fig. 1 Block diagram of the FPGA implemented MPPT

As can be seen the MPPT includes four principal units:

- Fuzzification unit which convert a crisp input into a fuzzy term set,
- A rule selector unit which stores fuzzy rules describing how the fuzzy system performs,
- An inference engine unit which performs approximate reasoning by associating input variables with fuzzy rules, and finally
- The defuzzification unit which convert the FLC's fuzzy output to a crisp value representing the control action.

The following simulation aim to compare the performance of the designed GA-FLC based tracker and the conventional P&O tracker. The signal representing the solar irradiation is turned on at t=0s to simulate the insolation power of 1000W/m² and temperature of 25°C. The MPP corresponding to this operating condition is about 150W. **Fig 2** shows the result of the tracked power by the two controllers.

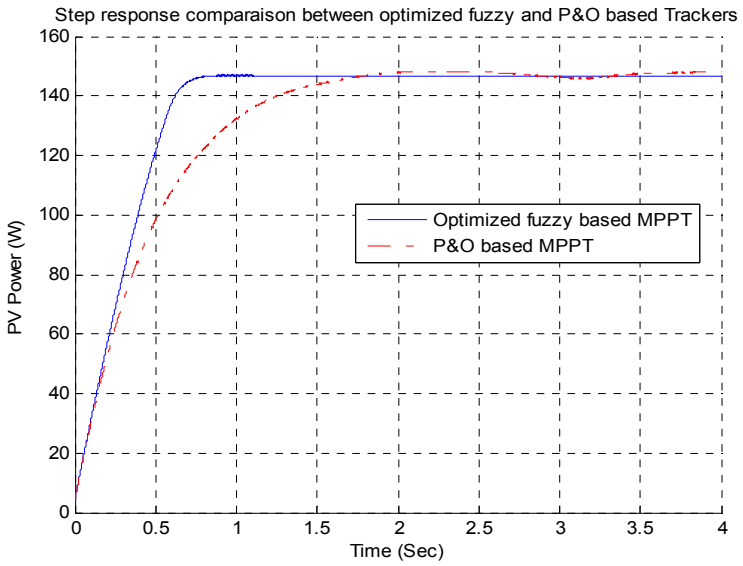


Fig. 2 Step response comparison between P&O and the optimized GA-FLC MPPT (BP solar 150; 25°C & 1000 W/m²)

To evaluate the MPPT performance a test is carried out, related to the examination of the implemented controller's robustness with respect to the rapid change of the solar irradiation. A sample from the curves obtained at the end of this operation is illustrated in **Fig. 3**, from which it is clearly shown that the controller ensures fast convergence and robust performance against rapid solar irradiation variations. The system stabilizes after a relatively short time and seeks the maximum power transfer in all operating conditions.

The simulation was carried out in a manner such that to each value of the duty cycle ratio (*D*) the signal generated at the output of the controller, corresponds a single point with (*I*, *V*) coordinates on the memorized *I-V* characteristic of the considered PV panel (BP SX150).
The digitized values representing current and voltage respectively were supplied into the two inputs of the controller in a fixed time periods (*10 ms* in our case). During each acquisition period, the controller generates the corresponding new duty cycle ratio (*D*) signal which sets the new position of the tracked MPP and vice versa.

The results presented here have shown that the advantages of the system developed are the adaptation of the GA-FLC parameters for fast response, good transient performance, and robustness to variations in external disturbances [5].

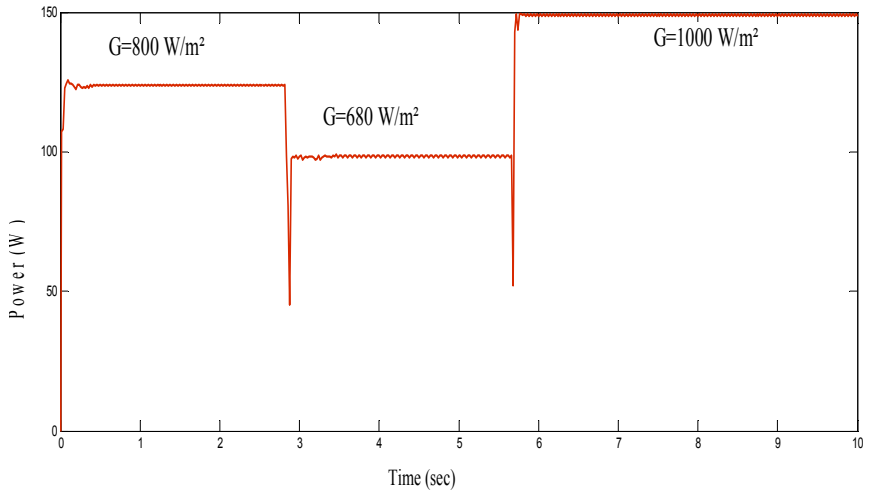


Fig. 3 *The evolution of the MPP-based optimized FLC for different solar irradiation values (800, 680 and 1000 W/m², 25°C)*

3. Conclusions

In this paper an intelligent (GA-FLC) MPPT controller has been designed and implemented on FPGA for real time simulation in PV systems. It has been demonstrated that the performance of the new GA-FLC based MPPT is better than the ones obtained with classical P&O controller, since the response time in the transitional state is shortened and the fluctuations in the steady state are considerably reduced. In addition, it has been verified that the GA-FLC perofom well in rapid variation of climatic conditions.

The implementation of intelligent controllers into FPGA for the tracking of the MPP is very promising. They achieved very good performances, fast responses with no overshoot and less fluctuations in the steady state, for rapid variation of atmospheric conditions. This means that these controllers are able to maintain very rapidly the operating point of the PV systems at the MPPT thus improving the amount of energy effectively extracted from the PV modules.

Acknowledgements

This work was supported by the TWAS under Grant Ref. 09-108 RG/REN/AF/AC_C: UNESCO FR:3240231224. The first author would like to think the AS-ICTP, (Trieste, Italy) for providing the materials and the computer facilities for performing the present work.

References

[1] Hohm, D. P., and Ropp, M.E., "Comparative study of maximum power point tracking algorithms", Progress in Photovoltaics: Research and Application. 11, 47–62(2003).

[2] Salas V., Olias E., Barrado A., Lazaro A., "Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic systems", Solar Energy Mater & Solar Cells. 90, 1555–1578(2006).

[3] Esram T., and Chapman P.L "Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques" IEEE Transactions on energy conversion. 22,(2) 439-449(2007)

[4] Mellit A., and Kalogirou S.A., "Artificial intelligence techniques for photovoltaic applications: A review", Progress in Energy and Combustion Science. 34, 574–632(2008).

[5] Messai A. Mellit A., Guessoum A., and Kalogirou S.A., "Maximum power point tracking using a GA optimized fuzzy logic controller and its FPGA implementation", Solar energy, (Elsevier, Ltd), 85, 265–277(2011)

Physicochemical, Energy and Environmental Follow-ups of Experimental Biomethanisation Applied to the Animal Biomass

Y. M'Sadak, A. Ben M'Barek, R.I. Zoghlami, S. Baraket

[1]Department of the Genius of the Horticultural Systems and the Natural Environment
Higher Agronomic Institute of Chott-Mariem, University of Sousse, Tunisia
[1]msadak.youssef@yahoo.fr, [1]mb_abiroucha@yahoo.fr, [1]zoghlami.rahmaines@yahoo.fr, [1]baraket.salma@yahoo.fr

Abstract. In the optics of the control of the conditions of the fermentaire medium for a better environmental and energy valorization, this study proposes like main aim the evaluation on an experimental scale, on the one hand, of the depollution of animal droppings treated by biomethanisation, in terms of suspended matter (SM) and biological demand for oxygen (BDO5), and on the other hand, of the quantitative gas productivity as a whole, in order to compare the quantitative energy of two substrates. Moreover, the qualitative energy (CH_4 and calorific value) of the biogas produced starting from the poultry droppings was also studied.

We can release particularly that:

- The pH evolves in a very accelerated way, atteingnant in most case higher values than the limiting threshold of production, during launching phases and production.
- Mechanical agitation and contrary to the temperature has a considerable effect on the increase of the values of the pH and on the speed of the process of fermentation.
- The values of DM are almost stable Which prove the good progress of the process of fermentation, and particularly, the feeding-extraction.
- The consistency of the digesters in DM influences considerably the assessment of depollution as of SM and as of the BDO_5.
- The digester with 8 % DM present an interesting assessments of depollution as well on the plan SM as on the plan BDO_5. It is more powerful from point of view quantity of gas produced and quality (% CH_4 and calorific value).
- The combined significant effect of the mode of digestion (into discontinuous or uninterrupted) and of the nature of the substrate (bovine or avicolous) on the quantitative energy performances of produced experimental biogas.
- The produced quantity of experimental bovine biogas is variable according to the adopted parameters of digestion. It is maximum in the presence of an high temperature and under mechanical agitation of the introduced substrate (in mixture with inoculum). On the level of four avicolous digesters, it is more important with the increase in the concentration of the DM.
- There are a light increase in % CH_4 and calorific values according to the concentration in DM. The use of the biomethanisation of the avicolous droppings in a concentration of 8 % in DM is raised the best.

Key words: Experimental digesters; animal biomass; environmental valorization; energy performance.

1. Introduction

The increase in world demand in fossil energies, confronted with the prospects for exhaustion of these resources creates tensions on the markets of energy (**Gilroyed and *al*., 2008**) which represents, today, an important challenge for sustainable development (**Amand and *al.*, 2008**). To meet the energy needs, the prospection and the development of new energy sources were undertaken in particular that of the biomass (**Mbuligwe and Kassenga, 2004**; **Ko Han and *al.*, 2008**).

The waste processing became a paramount need for environmental protection (**Oueslati and *al*., 1995**). As a renewable energy producer process, the biomethanisation takes part in the reduction of the emissions of noted Greenhouse Gases GG (**Satyanarayana and *al.*, 2008**).

It is a question of developing the Organic Matter (MO) generated by the agricultural activities, and more particularly, by the breeding, through the use of the animal manure as substrates for the production of biomethane of strong energy value, and thereafter, the use of OM like agricultural fertilizers after reduction of its polluting load (**Macias-Corral and *al.*, 2008**).

The two modes of digestion (into discontinuous and uninterrupted) were tested on the level of four experimental digesters, supplied respectively for the first time by bovine dungs and another time by avicolous droppings. In the optics of the control of the conditions of the medium fermentaire and for a better energy and environmental valorization of waste, a follow-up of some physicochemical parameters (particularly pH and DM) was established all the way along process of biomethansation (production and launching phases) for the digesters supports of this study. It acts, thereafter, one evaluation on an experimental scale, on the one hand, and the quantitative gas productivity of two substrates considered and of the qualitative productivity of the biogas produced starting from the avicolous biomass was also studied, and on the other hand, of the environmental potentiality of the biomethanisation applied to the avicolous droppings.

2. Material and methods

2.1. Experimental site

Committed work consists in implementing the experimentation of the biomethanisation of the animal biomass in eight experimental pilot digesters (two units) installed at the laboratory "Biogas" of the Agricultural Professional Training Center of Bovine Breeding (A.P.T.C.B.B.) of Sidi Thabet, Tunisia.

2.2. Phases of filling of the digesters and starting of fermentation

The starting of the anaerobic digestion is a critical phase in the production of biogas, therefore it must be quite neat so that the process begins most quickly than possible.

2.3. Experimental follow-up

2.3.1. Physicochemical parameters

2.3.1.1. pH

It is admitted that the pH is the first indicator of the faulty possible operation of a digester. If the pH is below 6.5, the addition of the sodium lime or bicarbonate corrects this anomaly (**Ghaly and Pyke, 1991**). If the pH is above 8.5, biogas will be rich in H_2S (**Graieb, 1988**). The optimum pH of anaerobic digestion is around neutrality, it is from 6.8 to 7.5. If the value of the pH is lower than 6.5 or higher than 7.5, the bacteria will then be inhibited (**Roque, 1981**).

The analytical follow-up related to the control of the pH with the possible addition of a quantity of NaOH (2,5N), in order to correct the pH.

2.3.1.2. Dry Matter rate

The Dry Matter rate (DM) is the rate complementary to the percentage of moisture (drying with the drying oven).

2.3.2. Environmental parameters

2.3.2.1. Suspended matter

The principle of measurement of SM is a vacuum filtration or under pressure of the sample. The sample is filtered on glass fiber and dried with the drying oven with 105°C. The results are expressed in mg /l.

2.3.2.2. Biological Demand for Oxygen

The method of measurement of the Biological Demand for Oxygen (BDO5), expressed in mg of O2/l, consists of the incubation of the sample in the presence of saline solutions, of solutions phosphate and ATU (Allyl Thio Urea) during 5 days, with the darkness and 20°C.

2.3.3. Energy parameters

2.3.3.1. Production day laborer of biogas

For the quantification, one had a vat filled with water in which one installed beakers graduated to recover produced gas. The gas will drive out water and to take its place, from where, one can directly read the quantity produced starting from the graduations.

2.3.3.2. Composition in gas elements

The quality of biogas is evaluated primarily by the measurement of % methane (CH_4) which it contains. The study of gas composition also rests on the determination of % carbon dioxide (CO_2), % sulphurizes hydrogen (H_2S) and % hydrogen (H_2).

2.3.3.3. Calorific value

The calorific value of a fuel is the quantity of heat released by the complete combustion of 1 Normal m^3 of dry gas (quantity of gas matter which $1m^3$ under the normal conditions of temperature and pressure occupies: 0°C under 1 Atmosphere) in the air with a constant absolute pressure.

3. Results and discussion

3.1. Results of the physicochemical follow-up

3.1.1. Evolution of the pH on the level of the bovine experimentation

Figure 1 illustrates the various curves of evolution of the pH on the level of four experimental digesters, while showing the incidence compared of certain physicochemical parameters (inoculum, agitation and temperature) on the recorded pH.

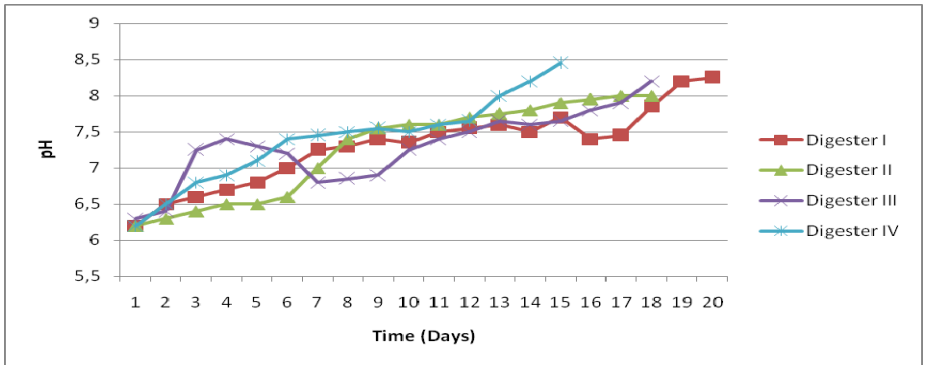


Figure 1. Evolution of the pH in the course of time on the level various digesters

One notes that the addition of the inoculum does not have much influence on the evolution of the pH of two digesters I and II, respectively without and with inoculum, which presents almost the same behavior throughout the launching phase.

The mechanical agitation has a considerable effect on the increase of the values of the pH and on the speed of the process of fermentation (digesters III and IV non agitated and agitated). Concerning the temperature, it has a more or less considerable effect on the increase of the values of the pH (digesters I and III).

3.1.2. Evolution of the pH on the level of the avicolous experimentation

3.1.2.1. Launching phase

Figure 2 shows the variations of the pH during the launching phase, which was limited to 10 days, on the level of four digesters implemented.

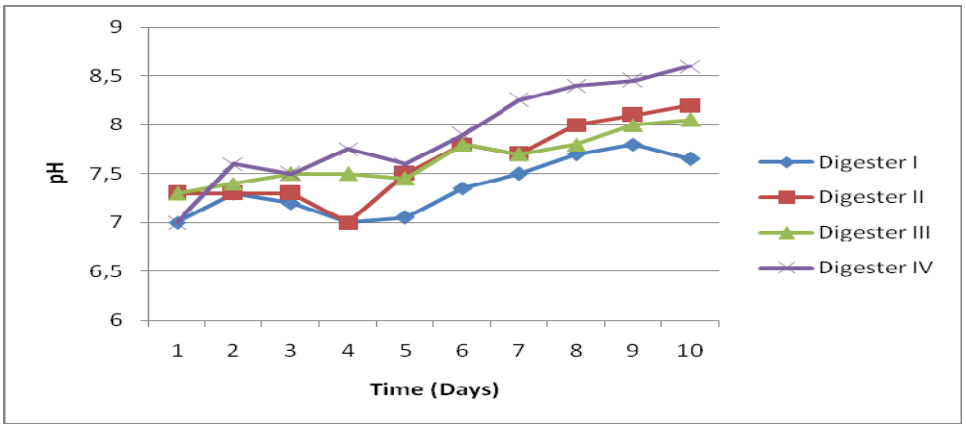


Figure 2. Evolution of the pH during the launching phase

The starting of this kind of process uninterrupted is very delicate and requires the culture of the methanogenes bacteria. The use of an inoculum with pH close to neutrality and the application to a periodic load to substrate prove to be necessary for the stability of the launching phase. 3.1.2.2. Phase of gas production

The phase of production on the level of digester I (Figure 3) was limited to the first 10 days and the values of pH lay between 7 and 7.5, values meeting the biogas production standards established by **Roque** (**1981**). One judged to stop the experimentation at this stage, because of the insufficiency of the produced gas quantity.

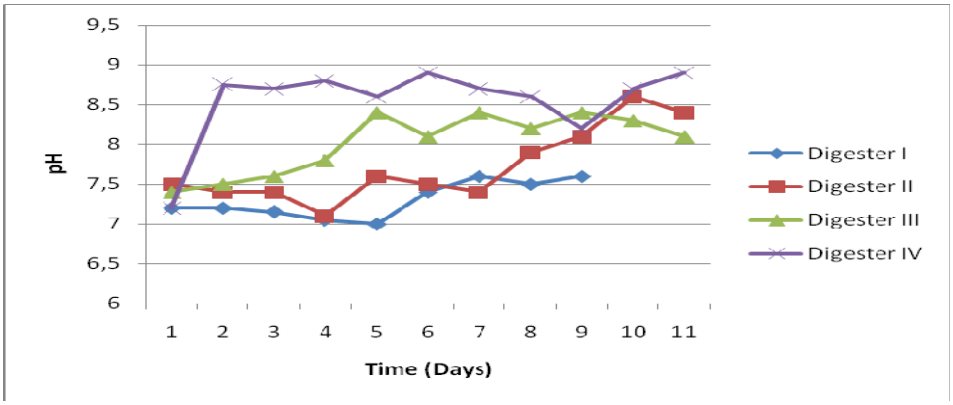


Figure 3. Evolution of the pH during the phase of gas production

The evolution of the pH on level of digesters II and III is constantly increasing with a light shift of two curves as from the 4th day, because the quantity of fresh droppings added each day is higher for the digester III than that for the digester II. As for digester IV, the values of the pH are high.

3.1.3. Evolution of the rate of the DM on the level of the bovine experimentation

It is noted, according to the got results, that % DM are almost similar to the level of digesters I and IV. The highest value of DM was recorded in the case of the digester III (16.6%) and that weakest at digester II (13.6%).

3.1.4. Evolution of the rate of the DM on the level of the avicolous experimentation

According to the theory, the concentration in DM of the poultry droppings in a digester should not exceed 10%. Beyond this value, the matter is dense and causes the quickly arrested of methane fermentation (**Akrout, 1992**). Only digesters II and III thus present a normal functioning all the way along the experimentation.

3.2. Energy performance appraisal of the digesters implemented

3.2.1. Evolution of the quantitative gas productivity of the bovine experimentation

The production of gas on level of experimental digesters (Figure 4) began after the launching phase with an increasing quantity gradually to reach a maximum level of production, then it started to fall quickly. Contrary, in the case of digester I, the launching phase presented suitable values of pH for the production, but there was biogas produced only the 7th day.

The considerable effect of agitation in a digester is due to the fact that it supports the supply of the bacteria in nutritive substances and their transport with the fresh substrate, lately introduced. For the follow-up of the effect of the increase in the temperature on the course of the production process of biogas, it can be appreciated by comparing the curves of evolution of the productivity of two digesters I and III.

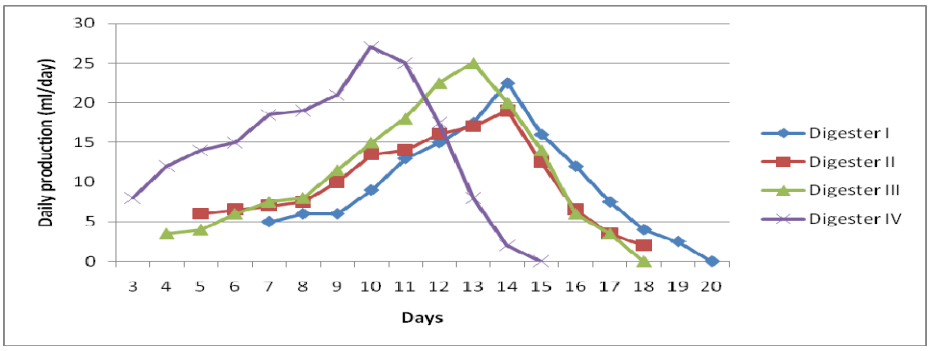


Figure 4. Evolution of the gas production in the course of time

3.2.2. Evolution of the gas quantitative productivity of the avicolous experimentation

Figure 5 presents the production curves of biogas raised for the three functional digesters.

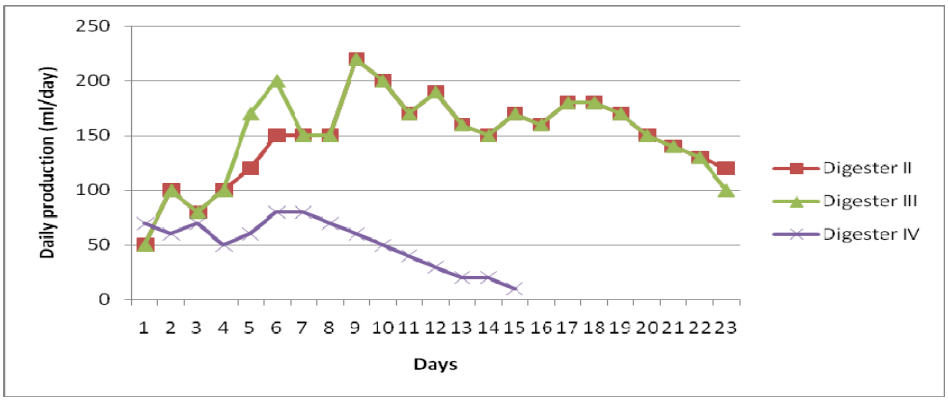


Figure 5. Evolution of the volume of biogas produced

The results for digesters II and III are in conformity with the bibliography which lays down an increase in the production of biogas with the increase in the concentration of DM **(Akrout, 1992)**. The concentration in DM of the poultry droppings in a digester cannot exceed 10%. Beyond this value, the matter is dense and causes the methane arrested fermentation quickly (digester IV). This can be

explained by the accumulation of the matter put in fermentation which causes stopping, as of the first week of the food with the droppings and the fall of the production of biogas in course of time.

3.2.3. Determination of the gas qualitative productivity of the avicolous experimentation

3.2.3.1. Gas composition

The analyses of composition of avicolous biogas product were carried out on level of digesters II and III (Table 1). % CH4 of biogas produced generally rises according to the increase in the concentration in DM. However, % CO2, on the contrary, also rose with the increase in the concentration in DM, this is explained by the dissolution of ammonia, thus raising the value of the pH. For % H2S, it decreased with the rise in the concentration in DM under the adopted experimental conditions.

Digesters	**% CH_4**	**% CO_2**	**% H_2S**	**% H_2**
Experimental II	63.28	20.0	16.18	0.54
Experimental III	63.40	30.0	5.89	0.70

Table 1. Expression of the results of the composition of produced biogás

3.2.3.2. Calorific value

The energy results on level of two digesters II and III are reported in table 2. One notices a light increase in the CV according to the concentration in DM. The results raised are in conformity with those indicated by **Monzambe (2002)** who announces a fork generally lain between 5000 and 8500 kcal/Nm³.

Digesters	**LCV (kcal/Nm³)**	**HCV (kcal/Nm³)**
Experimental II	5394	6011
Experimental III	5429	6045

Table 2. Expression of the results of the calorific value

3.3. Environmental performance appraisal of the avicolous experimentation

Figure 6 illustrates the results of the analyses relating SM and the BDO5 out before and after fermentation . More the DM is important, more the reduction of the polluting load is increasing. This observation is valid provided that the concentration in DM does not exceed 10% **(Akrout, 1992)**, which is confirmed by the results raised for digester IV (16% DM) whose the BDO5 is weaker than that of digester III to 8% DM which presents the best bilan depollution.

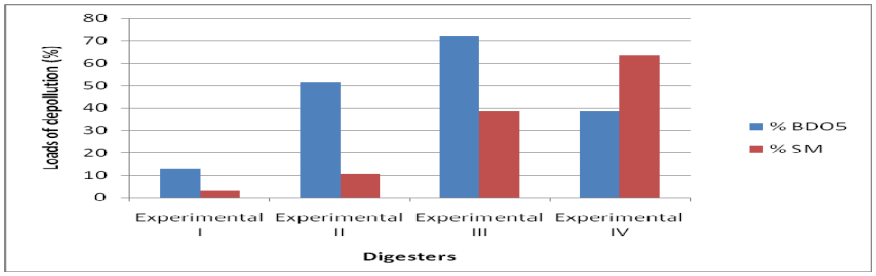


Figure 6. Variation of the reduction of the polluting load following the biomethanisation

4. Conclusion

As a whole, the results of the experiments carried out at the time of this study, relating to the biomethanisation applied to the animal biomass, show that the energetic and environmental

performances of a digester discontinuous or uninterrupted, primarily depend on the nature of the matters to ferment (bovine dungs or poultry droppings), the agitation of the substrate, the temperature maintained during digestion and also of the adjustment of the pH and the DM.
The launching is essential for the constitution of the bacterial populations which will contribute to fermentation, and thereafter, will ensure a margin of pH allowing the production of biogas. The sowing of the bacteria methanogenes is a paramount need for the animal manure studied for the good starting of alkaline fermentation (inoculum used containing black bovine dungs).

Acknowledgements
This work was not possible that thanks to the contribution of the Agricultural Professional Training Center in Bovine Breeding of Sidi Thabet (Tunisia) which placed at our disposal its laboratory "Biogas" (physicochemical analyses, quantitative characterizations and environmental diagnosis) and its experimental digesters acquired within the framework of the Tuniso-Chinese co-operation and of the Tunisian Company of Industries of Refining (T.C.I.R.) of Bizerte which carried out the qualitative analyzes of produced biogas.

References

[1] Akrout J., 1992. Étude énergétique de la fermentation méthanique des fientes de volailles: optimisation des facteurs influants et modélisation du système. Doctorat de Spécialité, Ecole Nationale des Ingénieurs de Tunis (E.N.I.T.), 143 p.
[2] Amand G., Bonnouvrier A., Chevalier D., Dezat E., Nicolas C., Ponchant P., 2008. Les consommations d'énergie dans les bâtiments avicoles. Quelques repères sur les consommations d'énergie et propositions de pistes d'amélioration. Édition ITAVI, n°1, 24 p.
[3] Gilroyed B.H., Chang Ch., Chu A., Hao X., 2008. Effect of temperature on anaerobic fermentative hydrogen gas production from feedlot cattle manure using mixed microflora. International journal of hydrogen energy 33, p. 4301-4308.
[4] Galy, A., Pyke, J., 1991. Amelioration of methane yield in cheese whey fermentation by controlling the pH of the methanogenic stage. Applied Biochemistry and biotechnology, 27(1), p. 217-237.
[5] Graieb M., 1988. Étude et réalisation d'une installation de méthanisation avec chauffage, Mémoire de Spécialisation. Institut National Agronomique de Tunis (I.N.A.T.), 103 p.
[6] Ko Han J., Ki Kim Y., Hyeon Kim T., Chi Kim N., Umeda M., 2008. Evaluation of maturity parameters and heavy metal contents in composts made from animal manure. Waste Management 28, p. 813-820.
[7] Macias-Corral M., Samani Z., Hanson A., Smith G., Funk P., Yu H., Longworth J., 2008. Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. Bioresource Technology 99, p. 8288-8293.
[8] Mbuligwe S.E., Kassenga G.R., 2004. Feasibility and strategies for anaerobic digestion of solid waste for energy production in Dar es Salaam city, Tanzania. Resources, Conservation and Recycling 42, p. 183-203.
[9] Monzambe M., 2002. La problématique de la biométhanisation en République démocratique du Congo. Université du Québec, 38p.
[10] Oueslati M.A., Ksontini M., Haddad M., Charbonnel Y., 1995. Compostage des branches d'Acacia cyanophylla et des boues fraîches des stations d'épuration d'eaux usées. Rev. For. Fr. XLVII 5, p. 523-529.
[11] Roque H., 1981. Fondements théoriques du traitement biologique des eaux. Chapitre 3: Traitement anaérobie. p. 1476-1532.
[12] Satyanarayana Sh., Murkutea P., Ramakant X., 2008. Biogas production enhancement by Brassica compestries amendment in cattle dung digesters. Biomass and Bioenergy 32, p. 210-215.

Environmental and Energy Characterizations of Pilot Biomethanisation Applied to the Effluents of Breeding

Y. M'Sadak[1], A. Ben M'Barek[1], R.I. Zoghlami[1], S. Baraket[1]

[1]Department of the Genius of the Horticultural Systems and the Natural Environment
Higher Agronomic Institute of Chott-Mariem, University of Sousse, Tunisia
[1]msadak.youssef@yahoo.fr, [1]mb_abiroucha@yahoo.fr, [1]zoghlami.rahmaines@yahoo.fr, [1]baraket.salma@yahoo.fr

Abstract. This study proposes like main aim the follow-up and the evaluation on the one hand, of the assessment of depollution of the avicolous droppings treated by biomethanisation on an industrial scale and of the bovine dejections on a rural scale, in terms of suspended matter (SM) and biological demand for oxygen (BDO_5), and on the other hand, of the qualitative gas productivity (composition and calorific value).

This work made it possible to arise a certain number of observations which one can quote:

- For the SM, on the level of the rural digester and while going from the first to the second mixture, there is an improvement of the reduction of the evaluated polluting load with 29 % which could be explained by a good biological breakdown of organic matter.

This biological breakdown is better in the case of the industrial digester whose reduction is higher than 80 % as of SM on the level of the mud tank. This biological breakdown is largely due to the system of digestion practiced, with fixed cells which allows a good retention of the methanogenes bacteria inside the digester.

- The assessment of depollution of the DBO_5 of the industrial digester is evaluated like relatively satisfactor and the reduction of the polluting load exceed 55 % in the two basins. This potentiality is accentuated on the level of the mud tank with a light increase of about 6 % compared to the basin of the digested droppings. On a rural scale, the process of biomethanisation allows a less interesting depollution.

- The conditioning of bovine biogas rural makes it possible to increase % CH_4 of 8 % and 15 % for the case of avicolous industrial biogas), which respectively gives outputs of purification of 13.8 % and 25 %. This shows the importance of the post-processing of biogas ensuring a more reduction in polluting elements (CO_2, H_2S,…) as well as an intensification in concentration of the CH_4. The results obtained are indices of the good performance of the process of purification and the effectiveness of the post-processing of biogas especially on an industrial scale.

- After purification, there is a clear improvement of the calorific value especially in the case of the industrial digester presenting an output equal to 25 %. The output of purification of the rural digester is weak because especially of the ineffective process of conditioning implemented.

Key words: Digesters; animal biomass; depollution bilan; Gas productivity.

1. Introduction

Face to the very fluctuating economic situation of the price of the energy-generating products and to appreciably reduce the local pollution and the greenhouse effect (**Béline & Gac, 2007; Amand *et al.*, 2008**), renewable energies arouse a growing interest in particular those resulting from the biomass, and particularly, biogas coming from the biomethanisation of the effluents (**Tsai *et al.*, 2004; Fuchs, 2008; Schievano *et al.*, 2008**).

Alkaline fermentation is, today, the bioenergetic sector with the most promising prospects (**Schievano *et al.*, 2009**). It can transform a problem of waste into a source of wealths (**Saidi & Abada, 2007**). There exists, indeed, several recycling appropriatenesses of organic waste (**Westerman et Bicudo, 2005**), in particular for energy production and the fertilization of agricultural land, so as to reduce the quantity of buried organic waste and to diversify the energy sources of substitution (**Angelidaki *et al.*, 2003; Macias-Corral *et al.*, 2008**).

The technology of biomethanisation of solid organic waste is today in full rise in Europe (**Tambone *et al.*, 2009**). In Tunisia, technologies of biomethanisation are relatively new (**ALCOR & AXENNE, 2003**). There exist two large sectors of production of biogas following the type of waste used. One can distinguish the sector from valorization of solid waste and wet products by the sectors agri-foodstuffs and agricultural (Case of the rural digester in Sidi Thabet and industrial digester in Hammam Sousse) as well as the sector of valorization of liquid waste (urban muds) resulting from the sewage treatment plants (some industrial digesters set up at the level of the great works of treatment of polluted water).

In the optics of the control of the conditions of the medium fermentaire for a better environmental and energy valorization, this study proposes like main aim the follow-up and the evaluation on the one hand, of the assessment of depollution of the avicolous droppings treated by biomethanisation on an industrial scale and of the bovine dejections on a rural scale, in terms of Suspended Matter (SM) and Biological Demand for Oxygen (BDO_5), and on the other hand, of the gas qualitative productivity (composition and calorific value).

2. Material and methods

2.1. Experimental devices

2.1.1. Rural pilot digester

It is about a buried digester, installed with the attached farm of Agricultural Professional Training Center in Bovine Breeding (A.P.T.C.B.B.) of Sidi Thabet, Tunisia. It is characterized by a very weak investment and a great simplicity since it is, mainly, auto-builds and not using sophisticated equipment.

2.1.2. Digester controls industrial

It acts of a cylindrical digester of form, installed in a poultry farm in Hammam Sousse since the year 2000. The installation is designed to treat 4 tons of fresh dejections daily, representing the production day laborer of an industrial avicolous breeding around 20000 layers.

The unit of biomethanisation installed has an environmental objective which consits in reducing the pollution generated by avicolous dropping and an energy objective which consists to feed the generators and to satisfy the needs of the farm and the station in electrical energy produced. This production is around the 200m³ of biogas/day which can be transformed into 300 kWh electric, of which 5 to 10% only are currently consumed by the owner (**ALCOR & AXENNE, 2003**).

Table 1 summarizes some characteristics relative to the various digesters implemented.

Type of digester		Rural	Industrial
Nature of substrate	Substrat	Fresh bovine dung	Avicolous dropping
	Inoculum	Black bovine dung	-
Capacity		6 m³	300 m³
DM (%)	Substrate	31.5	20.9
	Inoculum	9.4	-
pH	Substrate	6.5	8.7
	Inoculum	7.2	-

Table 1. Summary of the general characteristics of the used digesters

2.2. Environmental follow-up

The environmental parameters in which one was interested are relating to the polluting load (SM and BDO_5) of the digested matter coming from various digesters. The analyses were carried out at the laboratory "Biogas" of the A.P.T.C.B.B.

2.2.1. Suspended matter

The Suspended Satter (SM) corresponds to the whole of mineral and/or organic particles present in a natural or polluted water (**Ramade, 1993**). The principle of measurement of SM is vacuum filtration or under pressure of the sample.

The sample is filtered on glass fiber vacuum or pressure and dried with the drying oven with 105°C. The residue deposited on the filter are weighed and the results are expressed in mg/l.

2.2.2. Biological demand for Oxygen

The principle of the measurement of the BDO_5 rests on the quantification of the oxygen consumed after incubation of the sample during 5 days. During the incubation of the sample, occur physicochemical and biological reactions, which result in a metabolisation of the organic matters and an oxygen uptake. The method of measurement consists of the incubation of the sample of the substrate in the presence of saline solutions, a phosphate solution and ATU (Allyl Thio Urea), with the darkness and 20°C. The results are expressed in mg O_2/l.

2.3. Follow-up of the gas qualitative productivity

The qualitative analysis of produced biogas was carried out in the test laboratory of the Tunisian Company of Industries of Refining (T.C.I.R.) localised in Bizerte.

For the analysis of the composition, one had recourse to the technique of Gas chromatography which consists in separating the molecules from a very complex mixture of very diverse nature and volatility. This technique is suitable for the compounds gas or likely to be vaporized by heating without decomposition. The components determined by this method are the following: % Methane (CH_4), % dioxide of Carbon (CO_2), % of Sulphurizes hydrogen (H_2S) and % Hydrogène (H_2). Moreover, one was also interested in the energy, by considering the lower and higher calorific value (PC), respectively noted LCV and HCV. The calorific value of a fuel is generally expressed in kWh/Nm ³, kcal/ Nm ³ or kcal/kg.

3. Results and discussion

3.1. Establishment of the assessments of depollution as of SM and of the BDO_5

The results of the analysis relative to SM and the BDO5 present in the various types of digesters, carried out before and after fermentation are given on figure 1.

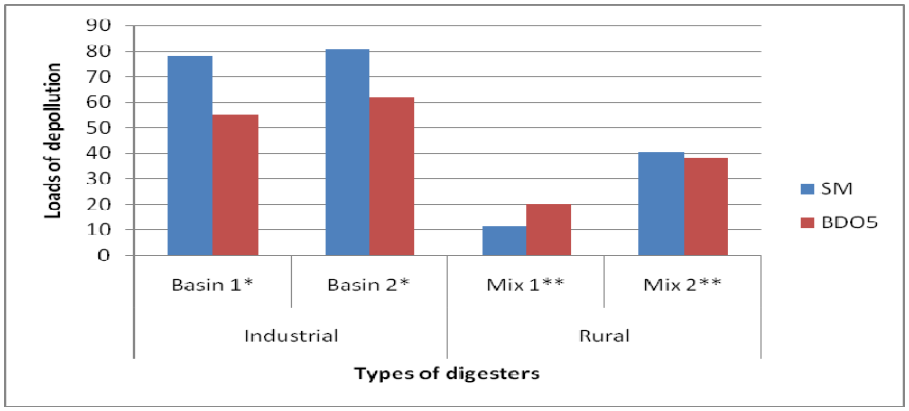


Figure 1. Environmental performance of the industrial and rural biomethanisations

(*) Basin 1: Basin of the digested droppings Basin 2: Mud tank

(**) Mix 1: Mixture initially introduced Mixt 2: Mixture introduced later on

One regards the assessment of depollution of SM in mixture 1 on the level of the rural digester as nonsatisfactory. SM are in continuous decrease throughout the advance of the substrate during the process of biomethanisation. On the level of the rural digester, and while going from the first to the second mixture, there is an improvement of the reduction of the evaluated polluting load with 29% which could be explained by a good biological breakdown of the Organic Matter (OM). This biological breakdown is better in the case of the industrial digester whose reduction is higher than 80% as of SM on the level of the mud tank. This biological breakdown is largely due to the practised system of digestion, with fixed cells, calling on 6000 bricks of 12 laid out in superposition and which allows a good retention of the methanogenes bacteria inside the digester. The curve of space-time evolution of the BDO_5 is practically superposable with that of SM, which makes it possible to release the same observations. As for the assessment as of SM, the industrial digester presents the best assessment of depollution of the BDO_5 (judged like relatively satisfactory) and the reduction of the polluting load exceeds 55% in the two basins. Indeed, the decantation of the digested matter thus supports the reduction of the polluting load. With the result that this stage is very interesting and the results are encouraging to give more importance to the maintenance in operating condition of the mud tank.

3.2. Qualitative evaluation of the gas productivity

3.2.1. Gas composition

The results of the analyses relating to the composition of the biogas produced by the digesters tested are given in table 2.

Type of digester		CH_4 (%)	CO_2 (%)	H_2S (%)	H_2 (%)
Industrial	Before purification	58.1	40.9	-	-
	After purification	66.1	32.7	-	-
Rural	Before conditioning	60.0	30.0	10.00	-
	After conditioning	75.0	25.0	-	-

Table 2. Expression of the results of the composition of produced biogás

Let us note that biogas is much better when its percentage out of methane (% CH_4) is high and the other components are reduced as much as possible. The energy interest of this biogas lies in the more or less important content of CH_4 which confers its calorific value to him.

Each agricultural waste has these proportions of OM, Volatile Matter (VM) and Dry Matter (DM) which influence the final production of biogas (**Espeso, 2005**). Generally, the biogas yield resulting from the anaerobic digestion of animal manure varies according to the animal specie (Table 2). The high percentage of H_2S on the level it industrial biogas can be explained by the high acidity of the avicolous biomass. From where, the practices recourse with the purification of avicolous biogas (desulphurization with the iron hematite). Percentage H_2S was reduced almost completely following purification. Before treatment, such a rate (10.28%) generates the phenomenon of corrosion and the purification of produced biogas proves strongly recommended before use. From where, the practices recourse to the purification of avicolous biogas. According to **Monzambe (2002)**, % H_2S must be present in the form of traces, which is the case after treatment.

It would be recommended to look further into the relative study to the effectiveness of the system of purification of biogás and to the possible correct of the faulty operations (residence time of the iron hematite in the columns of desulphurization,…).

In general, it is advised to treat biogas to limit the corrosion of the apparatuses. This one is due to the hydrogen sulfide, but also to the presence of water and carbonic gas (which forms a weak acid when it is dissolved in water) and sometimes with the presence of chlorinated compounds (gas of discharge).
Certain uses require a pushed treatment, not only to remove the risk of corrosion, but also to increase % CH_4. It is the case for the use as fuel on vehicles.
The analysis of the results of the performance evaluation of postprocessing carried out makes it possible to release that % CH_4 before conditioning increased by 15% after conditioning (case of the industrial digester) and by 8% (case of the rural digester), which respectively gives outputs of purification of 25% and of 13.8%. This shows the importance of the postprocessing of biogas ensuring a more reduction in polluting elements (CO_2, H_2S,…) as well as an intensification in concentration of the CH_4. The got results are indices of the good performance of the process of purification and effectiveness of the postprocessing of biogas especially on a large scale by calling on desulphurization.

3.2.2. Calorific value

The energy results corresponding worthy to the LCV, and thereafter, to the determination of the HCV on the level of various digesters considered, are given in table 3.

Type of digester		LCV (kcal/Nm³)	HCV (kcal/Nm³)
Industrial	Before purification	5110	5684
	After purification	6389	7106
Rural	Before conditioning	4973	5532
	After conditioning	5210	5932

Table 3. Results relating to the calorific values

After purification, there is a clear improvement of the calorific value especially in the case of the industrial digester presenting an output equal to 25%. One can say that industrial biogas product presents valid energy potentialities before and after purification. The output of purification of the rural digester is weak because especially of the ineffective process of conditioning implemented. All the recorded calorific values are in conformity with those indicated by **Monzambe (2002)** which announces a fork generally lain between 5000 and 8500 kcal/Nm³.
The output of purification of the rural digester is equal to 4.8%. This poor yield could be explained by the inefficiency of the process of conditioning implemented. Ultimately, it is advisable to more improve the output of purification of biogas to reach the theoretical maximum equal to 8500 kcal/Nm^3 (**Monzambe, 2002**). On an industrial scale, a part of produced biogas is used for thermal uses of cooking and heating of water in the farm. However, most of produced gas is used for the electrical production thanks to two electrogenerators of 24kVA each one, functioning in alternation.
The use of part of the biogas produced for the heating of the digester constitutes a solution which would make it possible to minimize atmospheric pollution and to improve the environmental and energy performances of the digester.
It would be recommended to carry out a complete diagnosis of the operation of this digester. This diagnosis could inform us more about the course of the process fermentaire, with an aim of improving the content of CH_4, the biological and technological outputs, and consequently, the calorific value. It should lead to the statement of all the faulty operations and the search for the suitable solutions.

4. Conclusion

If the biomethanisation has the virtue to be a sector of energy production starting from renewable energy sources, its contribution to sustainable development largely exceeds this appreciation. It constitutes a source of diversification for the agricultural world, as it quickly found its niche like process of depollution applied to the waste or liquid waste processing. It contributes in a very significant way to the reduction of the emissions of the greenhouse gases of the agricultural sector particularly methane. As for the energy assessment, it is particularly advantageous when biogas is produced starting from effluents of breeding, since fossil energy consumed to produce biogas is minimal.

The follow-ups environmental and energy made it possible to justify these two observations on the environmental and energy potentialities of the biogas produced starting from the animal biomass (bovine and poultry).

Acknowledgements

The authors warmly thank all the organizations implied in this work which was not possible that thanks to the participation of the Avicolous Company Mhiri Brothers located in Hammam Sousse (Tunisia) and of the Agricultural Professional Training Center in Bovine Breeding (A.P.T.C.B.B.) of Sidi Thabet (Tunisia) which placed at their disposal respectively the industrial digester and the rural digester. It is the same for the Tunisian Company of Industries of Refining (T.C.I.R.) of Bizerte which carried out the qualitative analyzes of produced biogas.

References

[1] ALCOR et AXENNE, 2003. Étude stratégique pour le développement des énergies en Tunisie. Bilan des réalisations et Rapport final de l'Agence Nationale des Énergies Renouvelables, Alcor–Axenne, p. 148-157.

[2] Amand G., Bonnouvrier A., Chevalier D., Dezat E., Nicolas C., Ponchant P., 2008. Les consommations d'énergie dans les bâtiments avicoles. Quelques repères sur les consommations d'énergie et propositions de pistes d'amélioration. Édition I.T.A.V.I., n°1, 24 p.

[3] Angelidaki I., Ellegaard L., 2003. Co-digestion of manure and organic wastes in centralized biogas plants. Appl. Biochem. Biotech. 109, p. 95-105.

[4] Béline F., Gac A., 2007. La méthanisation : un moyen de valoriser la matière organique des déjections animales et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Sinfotech – Les fiches Savoir-faire, CEMAGREF, 4p.

[5] Espeso J.Y., 2005. Valorisation énergétique de la biomasse à la Réunion, état des lieux de la ressource et enjeux pour le développement de filières. Rapport de stage réalisé à l'École Supérieure Européenne d'Ingénierie de l'Espace Rural (E.S.E.I.E.R.), 111 p.

[6] Fuchs J.G, 2008. Effets de composts et de digestats sur l'environnement, sur la fertilité du sol et sur la santé des plantes. Institut de Recherche en Agriculture Biologique (FiBL). Revue UFA 11, p. 44-55.

[7] Macias-Corral M., Samani Z., Hanson A., Smith G., Funk P., Yu H., Longworth J., 2008. Anaerobic digestion of municipal solid waste and agricultural waste and the effect of co-digestion with dairy cow manure. Bioresource Technology 99, p. 8288-8293.

[8] Monzambe M., 2002. La problématique de la biométhanisation en République démocratique du Congo. Université du Québec, 38p.

[9] Ramade F., 1993. Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement, Édiscience Internationale, Paris.

[10] Saidi A., Abada B., 2007. La biométhanisation : Une solution pour un développement durable. Revue des Énergies Renouvelables CER'07, Oujda, p. 31-35.

[11] Schievano A., Pognani M., D'Imporzano G, Adani F., 2008. Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full-scale biogas plant using chemical and biological parameters. Bioresource Technology 99, p. 8112-8117.

[12] Schievano A., D'Imporzano G., Adani F., 2009. Substituting energy crops with organic wastes and agro-industrial residues for biogas production. Journal of Environmental Management 90, p. 2537-2541.

[13] Tambone F., Genevini P., D'Imporzano G., Adani F., 2009. Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. Bioresource Technology 100, p. 3140-3142.
[14] Tsai W.T., Chou Y.H., Chang Y.M., 2004. Progress in energy utilization from agrowastes in Taiwan. Renewable and Sustainable Energy Reviews 8, p. 461-481.
[15] Westerman P., Bicudo J., 2005. Management considerations for organic waste use in agriculture. Bioresour. Technol. 96, p. 215-221.

Experiences of solar cooking in south of Portugal (Algarve)

Celestino Rodrigues Ruivo
Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Campus da Penha 8005-139 Faro, Portugal,
cruivo@ualg.pt

Abstract. Algarve and Andalusia, in south of the Iberian Peninsula, are regions with a large potential for solar applications in general. Although this potential, the potentialities for solar cooking are not yet well known and implemented. The intensive use of solar cookers by the author began after his participation in the Solar Cookers Conference in Granada-Spain, July 2006, becoming "well contaminated with the virus of solar cooking" and an important advocate for solar cooking. The author learned to solar cook using the cardboard solar CooKit. He has since made and used several solar cookers, most of them low cost apparatus using recycled materials. The activity of dissemination and the intensive solar food processing during the last four years became useful for the right development and optimization of different types of solar cookers. A new type of funnel solar cooker is being developed and tested since 2010. It is made of concrete and common mirrors. Some of the main advantages of this solar cooker are: easily low cost reproduction in every part of the world using local available common materials, intuitive and practical use, water rain resistant and wind resistant and no risk for fire ignition.

Keywords: clean energy, solar cooking, experiences, dissemination.

1. Introduction to solar cooking.

The south of the Iberian Peninsula has a great solar potential that have been explored in some thermal applications, namely the sanitary water heating systems, but not for domestic or industrial cooking scale applications. With this great source of energy a significant number of families could cook their meals during more than 300 days per year. Taking into account some real examples of other regions of the world, namely in Chile and in India, the integration of a solar cooking process in canteens of schools and companies as well as in restaurants seems to be an attractive strategic measure towards the rational use of the energy. Solar cooking is an interesting alternative to the conventional cooking process. The solar cookers can cook a large variety of meals slowly or quickly as in a gas burner. There are several institutions actuating in several parts of the world, namely non-governmental organizations, with the main goal of the dissemination of solar cooking in large scale.

In 1987, the international organization Solar Cookers International (SCI) was created to promote the dissemination of the solar cooking process, focusing the economical, social and environmental benefits of its use (www.solarcooking.org). More recently, as sequence of the international conference realized on July 2006 in Granada-Spain was created the Solar Cookers International Association (SCIA).

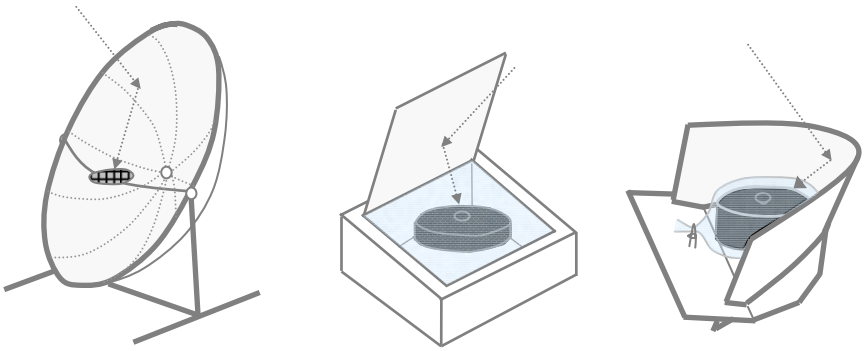
In spite of the investigation research about the use of the solar energy is applications such as water distillation, drying and cooking of food, the available equipments are known and used only by a small number of people. Most of these solar devices are manufactured and distributed mainly by cooperation projects to communities of non-developed countries with low economical level or in communities

where the available wood for cooking is reduced and is decreasing. The solar devices are also being used in small communities or by individuals preoccupied with the use of more ecological solution.

The sun emits solar radiation in all directions, being only a very small fraction intercepted by the planet earth, but it is important to remark that 1% of this small fraction was well recovered it would be possible to guarantee the energetic needs for the human activity in nowadays.

At the surface of the earth the intensity value of the solar energy varies according to the local, hour, month and composition of the atmosphere. The maximum value is approximately 1000 Wm^{-2}. The conventional cooking devices are rated with heating capacities about 1800 W. This value corresponds to the solar energy that reaches a normal surface to sun rays with 2 m^2. For domestic cooking purposes, it is not strictly necessary a value so high.

A solar cooker is a device that allows the cooking of food by using the solar energy direct or indirectly. There exist several models with different constitution, typology, performance and field of application. The most common devices use directly the solar energy, the cooking process being possible only when the solar radiation is available. These models have been used more in domestic context and are usually classified as panel, box or parabolic solar cookers (Fig.1).



a) b) c)

Fig. 1 Three types of solar cookers: a) parabolic, b) box and c) panel

The main working principle of a solar cooker is the concentration of the solar radiation, by using materials with high reflectivity as example mirrors, polished aluminium or some special reflective foils. The rate of energy concentrated in the cooking zone depends on the reflectivity of surface and of the open area for solar caption of the device. The outside colour of the pot should be black to promote a better absorption of the concentrated solar radiation. The knowledge of the optical fundaments is crucial to design an efficient device. The most common reflective curve surface is of parabolic type, enabling a very high level of concentration in the focus point, cooking zone, when it is well orientated towards the sun. The plane reflective surfaces change the direction of the radiation to the cooking zone, but with much lower concentration effect than in parabolic devices. The reflected solar radiation is continuously concentrated in the cooking zone, if the reflected surface is re-oriented after a certain time step. The most effective devices are those that integrate a device to perform the automatic sun tracking. The solar cooking process consists basically to put the pot in the cooking zone and control the period of cooking process. The pot should be a good absorber of the concentrated solar radiation and a transmitter of the heat to the food to be cooked. The cooking process is more efficient in locals without wind and with high values of temperature of the air and of the surroundings.

A parabolic solar cocker with a diameter of 1.4 m has a heating capacity similar to a conventional gas burner, but it requires tracking every 15 minutes. The parabolic solar cooker must be used properly

and a special care should be taken into account because a fire can occurs in the surroundings or a part of the human body of the user can be burned, namely the eyes.

The box solar cooker is basically a box having a clear glass surface in the top to promote the green house effect inside the box and reflective surfaces to promote the concentration of the solar radiation inside the box. The walls and the floor of the box must be insulated in order to minimize the heat losses. The useful heating capacity is in generally lower than the capacity a parabolic cooker, but in spite of that a large amount of food can be cooked slowly and homogenously without tracking the sun during 2 or 3 hours. A good result can be achieved if an efficient box solar cooker with massive elements inside to avoid that the inside temperature decreases a lot when the clouds are between the sun and the cooker. The massive elements can be for example a layer of small stones. For food safety reasons, it is crucial that the cooking of the foods do not stop and continues with a temperature higher than a safety value avoiding a bacteria development and an acceptable cooked food at the end of the process.

The panel solar cooker is an apparatus that everyone can do, due to the easy and quick construction. No special tools and knowledge are required. The most common panel cookers have more than one reflective surfaces to guarantee the concentration of the solar radiation in the cooking zone during a period of 2 or 3 hours without tracking the sun. The pot must be inside a clear and transparent enclosure, a heat resistant plastic bag or two pieces of glass, where the green house effect occurs. This effect is crucial to have a final good result in the cooking process.

The time period required for cooking a certain amount of food by using directly the solar radiation depend on several parameters. The clouds actuate as a filter of solar radiation and difficult a lot the solar cooking process. The heat losses from the cooking zone to the surrounding air are influenced a lot by the heat convection losses. These losses become important when the air velocity of wind is high and the air temperature is low. In those severe conditions a good cooking result can be achieved only if used solar cooker is very efficient.

The parabolic solar cookers are very powerful, being possible to cook very fast, but the risk of burning the food is higher. When the weather conditions are good for cooking it is not strictly necessary to use a black pot. When the clouds filter a significant part of the direct radiation, the air velocity of wind is high and the air temperature is low it would be possible to cook a reduce amount of food if the pot is black and if a device promoting the green house effect is used.

The panel solar cookers are devices that cook food slowly, usually, without any risk of burning the food. The heat losses from the cooking zone to the surroundings are higher than a well insulated box solar cooker, becoming difficult to cook in a panel cooker when clouds appear intermittently. The device promoting the greenhouse effect is a crucial element. If the transmissivity to the solar radiation is low and if there is gaps enabling infiltration of the outside air, the food can be not cooked well. The cooking required time period depends on: the open area for the caption of solar radiation, the shape of the reflective surfaces, the properties of the device promoting the green house effect, type of the pot, and amount and kind of the food.

Another important factor to achieve a good result in the box a panel solar cooker is the user experience, namely the right tracking of the solar cooker and the required adjustment of the reflective surfaces, available in some models of cookers, according the hour of the day.

The slow cooking process leads to the conservation of the energetic and nutritional properties of the foods. Moreover, a thermodynamic cycle with continuous vaporization and condensation of water occurs, being the water losses during the process small. The odours of the cooking process exiting to

the surrounding are also usually small. There is no risk of burning the foods. There is no flame, no danger of explosion and no danger of ignition of a fire.

2. Some examples of experiences with solar cooking

The intensive use of solar cookers by the author began after his participation in the Solar Cookers Conference in Granada-Spain, July 2006, becoming "well contaminated with the virus of solar cooking" and an important advocate for solar cooking. The author learned to solar cook using the cardboard solar CooKit. In the first summer, August and September 2006, several meals have been cooked in panel cookers made of cardboard with an adhesive reflective foil, a black pot and common plastic bag. In these first experiences, the main critical problem detected was the fusion of the plastic bag. The experiences have been continued during autumn and winter time but with difficulty due the low efficiency of the apparatus. Another critical observed point was the deterioration of cardboard when it becomes wetted with rain or just with dew. Fig 2 illustrates a set of nine solar panels cooking, in a central garden of the city of Faro-Portugal, several meals in the context of a birthday party, namely the main cake. More than 40 participants, children and adults have participated and have eaten for the first time a solar lunch. Four of the used solar cookers were manufactured in the proper day as an activity of the party. It was in fact, a very interesting and amazing moment for the children and also for the adults.



Fig. 2 Cooking with the Cookit panel solar cooker

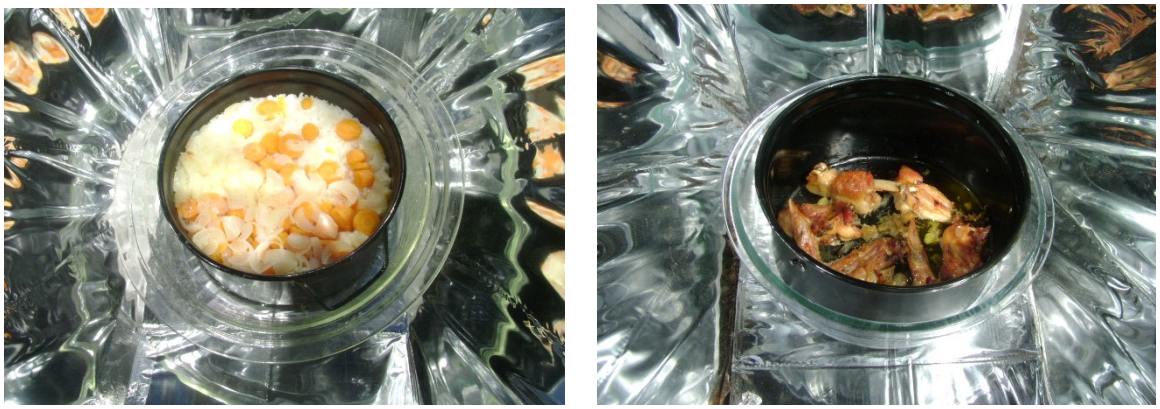
During the second year of experiences, year 2007, the results were much better. More efficient solar panel cookers were developed using sheets of polypropylene and using recycled windows of cloth washing machines to make the green house effect around the pot. Fig. 3 a) illustrates the complete set. Fig. 3 b) to c) illustrates some examples of cooked food. This solar cooker is portable and evidences an acceptable performance during cold months.

On November 2007, Prof. Pedro Serrano from Chile, an expert of solar cooking since the years 80, came to Faro to transfer technology related to the its parabolic model, named ARTESOL. The main advantage of this kind of parabolic model against other parabolic models is it stability and practical way of use. Moreover the reflective surface is done by using common mirrors, a common material in

every part of the world. A constructed model following the design instruction of Pedro Serrano is illustrated in Fig. 4.



a) b)



c) d)

Fig. 3 Solar cooking experiences: a) funnel solar cooker b) traditional toasted “star” of figs and almonds c) rice with carrots and d) chicken



a) b)

Fig. 4 Parabolic solar cooker ARTESOL: a) step of construction b) final step of the construction

More recently, a new type of funnel solar cooker have been developed and tested since 2009. Two devices in a residential cooking operation in Algarve are illustrated in Fig 5. They are made of concrete and common mirrors. Some of the main advantages of this solar cooker are: low cost reproduction in every part of the world using local available common materials (sand, cement powder, mirrors, etc), intuitive and practical use, water rain resistant and wind resistant and no risk for fire ignition. The main disadvantage relatively to the parabolic cookers is that common frying processes are difficult. The useful heating capacity of this model was estimated around a value of 100 W, after a conducted specific experimental test basically measuring the temperature evolution of a certain mass of water duration a certain period of time. The estimated value referred to an autumn sunny day with an environmental air temperature of 20ºC and moderate wind velocity.



a)



c)



c)

Fig. 5 Funnel solar cooker.

The dissemination activities promoted by the author began also after his participation in the Solar Cookers Conference in Granada-Spain, July 2006. The lived experiences during the years 2006 and

2007 were very intensive and very interesting. Several specific events about solar cooking such as seminars and workshops were organized in Portugal, Spain and Brazil.

3. Conclusions.

According to the intensive experiences of the author during the last five years it is possible to use the potential of the sun to cook more than 300 days per year in South of Iberian Peninsula, but to that in an effective way a change of human mentality is required. Some barriers still exist, namely the fact that most of the actual residential buildings do not have the required conditions for the practical installation and use of solar cooking devices. The integration of solar cooking process in canteens and restaurants has also an interesting potential towards a better use of the energy. The schools have also the responsibility to form solar cooking chefs as well as technicians for companies of installation and maintenance of solar cooking industrial devices.

References.

[1] S. Nandwani, La cocina/horno solar, construcción, funcionamiento y uso, Laboratorio de Energía Solar, 1993, Departamento de Física, Universidad Nacional (UNA) , Heredia, Costa Rica (Centro América).
[2] Serrano Pedro, Cocinas y Hornos solares, Funproteca, 2000, Nicaragua.
[3] Solar Cookers Internacional, www.solarcooking.org.

Optimización de la producción de metano a partir de efluentes de la generación de biohidrógeno procedente de residuos sólidos urbanos

Núñez F., Pérez M., García-Morales J.L.
Department of Environmental Technologies. Faculty of Marine and Environmental Sciences CASEM, University of Cádiz, Campus Río San Pedro s/n. E 11510 Puerto Real (Cádiz). Spain. E-mail address: fabian.nunez@uca.es

Abstract. This study shows the thermophilic anaerobic biodegradation of biohydrogen substrate in a laboratory methanogenic fixed-film reactor using biomass adapted to organic fraction of the municipal solid wastes (OFMSW) with FLOCOR-R as media support. The substrate used was the effluent from an acidogenic anaerobic reactor treating OFMSW for the production of biohydrogen with high concentration of Volatile Fatty Acids (VFA). This effluent was separated as solid and liquid effluent by using filter bags (Teknofanghi®). The solid effluent was subjected to composting and the liquid effluent was used for feeding into reactor and was studied to evaluate the efficiency of the anaerobic filter reactor, with hydraulic retention time (THR) and organic loading rate (OLR) in the ranges of 25–1,5 days and 1,4–13,6 g COD/L/d, respectively. The anaerobic process was evaluated by quantification of different parameters, such as COD (Chemical Oxygen Demand), VFA and CH_4 production in an experimental period of 500 days. At the end of the process, for HRT of 3 days and a stable organic loading rate (OLR) of 7,8 g COD/ L/d, the COD removal efficiency was reached 85% in the reactor while the methane content of biogas produced in the digester reached 5.38 L CH_4/L/d. The use of anaerobic filter reactors, with the plastic support Flocor-R, for the treatment of effluents from biohydrogen production is adequate, showing additional energy efficiency and good performance in the production of biogas with high methane concentration.

Keywords: anaerobic filter, Organic Loading Rate (OLR), biohydrogen effluent.

1. Introducción.

Uno de los procesos biológicos desarrollados en los últimos años para utilizar los residuos sólidos municipales (FORSU) y así obtener energía útil, es la digestión anaerobia. Los reactores avanzados por retención de biomasa han sido muy importantes para el tratamiento de residuos puesto que tiene una serie de ventajas, como pueden ser, un alto rendimiento en la producción de metano y una importante reducción de la materia orgánica biodegradable. Actualmente, la generación de biohidrógeno a partir de estos residuos está siendo considerada como una alternativa viable. Con este proceso se genera una energía medioambientalmente limpia y además se consigue una buena estabilización del residuo. De esta forma, la tecnología de producción de biohidrógeno podría ayudar a reducir el consumo creciente de energía y evitar así los problemas de contaminación como resultado del uso excesivo de combustibles fósiles. La tecnología de producción de biohidrógeno a partir de este estudio podría mejorar la viabilidad económica de muchos procesos que utilizan hidrógeno como fuente de combustible o como materia prima (Sung et al., 2003).

El estudio engloba el tratamiento integral de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos en dos etapas. En la primera etapa, los Ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente ácidos acético, propiónico y butírico - se producen en el efluente procedente de la generación de biohidrógeno dentro del reactor acidogénico y, en una segunda etapa, se convierten en CH_4 y CO_2 en el reactor metanogénico, que será objeto de estudio en este trabajo. De esta forma se evalúa la optimización de la producción de metano a partir de efluentes de la generación de biohidrógeno procedente de residuos sólidos urbanos de un reactor metanogénico de lecho fijo en condiciones termofílicas, con un soporte de plástico (FLOCOR-R).

2. Desarrollo del problema.

2.1. Material y métodos.

El proceso fue llevado a cabo en un reactor de filtro anaerobio con soporte de plástico (FLOCOR-R). El reactor dispone de un volumen total de 2,5 L y un volumen activo de 2,25 L (volumen del soporte de plástico). La temperatura del reactor se mantuvo a 55 ± 1 ° C haciendo circular agua a través del encamisado, y el biogás generado fue recogido en bolsas Tedlar (figura 1). Asimismo, constaba de un sistema de bombeo y recirculación, de la alimentación y el efluente, en sentido ascendente para mezclar y homogeneizar el líquido en el sistema (Razón de Recirculación (R) de 188.23 d^{-1}). Como soporte se utilizaron tubos de plástico corrugado (FLOCOR-R), cuyas características se resumen en la tabla 1.

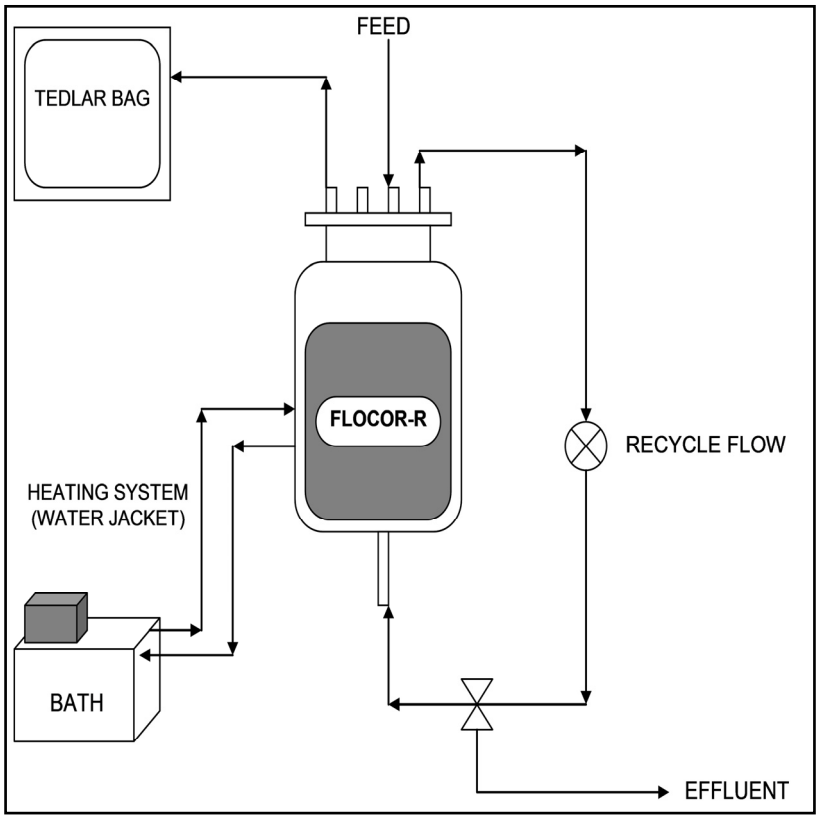


Figura 1: Diagrama esquemático del reactor anaerobio de lecho fijo.

PROPIEDADES FÍSICAS	PLÁSTICO CORRUGADO

Densidad real (g/L)	1161,4
Densidad aparente (g/L)	73,0
Porosidad (%)	93
Superficie específica (m^2 m^{-3})	450
Altura (cm)	1,6
Diámetro	1,6

Tabla 1. Resumen de las propiedades físicas del relleno utilizado FLOCOR-R

Inóculo: El inóculo se obtuvo de un reactor de tanque agitado de una planta piloto que operaba en régimen termofílico tratando FORSU industrial y que trabajaba en condiciones óptimas en el momento del muestreo. La planta piloto se encontraba en una planta industrial de reciclaje de residuos sólidos urbanos (Planta Municipal de Tratamiento de Residuos "Las Calandrias", que se encuentra en Jerez de la Frontera. España).

Sustrato: El sustrato utilizado fue el efluente de un reactor acidogénico de producción de biohidrógeno que trataba la fracción de sólida de residuos sólidos urbanos. Se obtenía, por tanto, un efluente enriquecido en Ácidos Grasos Volátiles (AGV), que, a continuación, se sometía a un proceso de separación en dos fases, mediante el uso de sacos filtrantes (Teknofanghi®). Por un lado, una fase sólida, de la que se evaluará su gestión posterior mediante compostaje, y otra líquida, que ha sido el objeto del presente estudio. El efluente líquido del proceso de generación de biohidrógeno fue utilizado como alimentación del reactor de filtro anaerobio de laboratorio con soporte plástico para la inmovilización de la biomasa.

Análisis: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Volátiles en Suspensión (SVS) y pH se determinaron por métodos estandarizados (APHA, AWWA, WPCF, 1989). Tanto los ácidos grasos volátiles (AGV, totales e individuales) como la composición de biogás (CH_4 y CO_2) se analizaron por cromatografía de gases (García-Morales et al., 1997).

2.2. Resultados y discusión.

En el seguimiento del trabajo experimental se midió la evolución de distintos parámetros, tales como, DQO (alimentación y efluente), AGV (totales e individuales) y producción de CH_4, en relación con los THR ensayados (25, 15, 10, 7.5, 5, 3, 1.5) y con la modificación implícita de la carga orgánica para cada tiempo, cuyos valores se observan en la tabla 2.

THR	VCO (g DQO/L/d)	DQO_{alim} (g/L)
25	1,4	35,8
15	2,8	42,5
10	4,4	44,3
7,5	4,7	35,6
5	5,1	25,4
3	7,8	23,4
1,5	13,6	20,4

Tabla 2: Variación de la VCO y la DQO alimentación para cada THR.

En la figura 2, se observa que la eficacia depurativa aumenta conforme va descendiendo el THR. Al final del proceso, para un THR de 3 días y una VCO de 7,8 g DQO/L/d, se obtiene una eficacia de eliminación de DQO del 85 %, junto con una producción de biogás (metano) de 5,38 L $CH_4/L_{reactor}$/d. Finalmente, para un THR de 1,5 días, se han observado un comportamiento con ciertas fluctuaciones en los parámetros que pueden encontrarse relacionadas con el comienzo de la desestabilización del sistema, con una ligera disminución de la eficacia en la eliminación de la DQO.

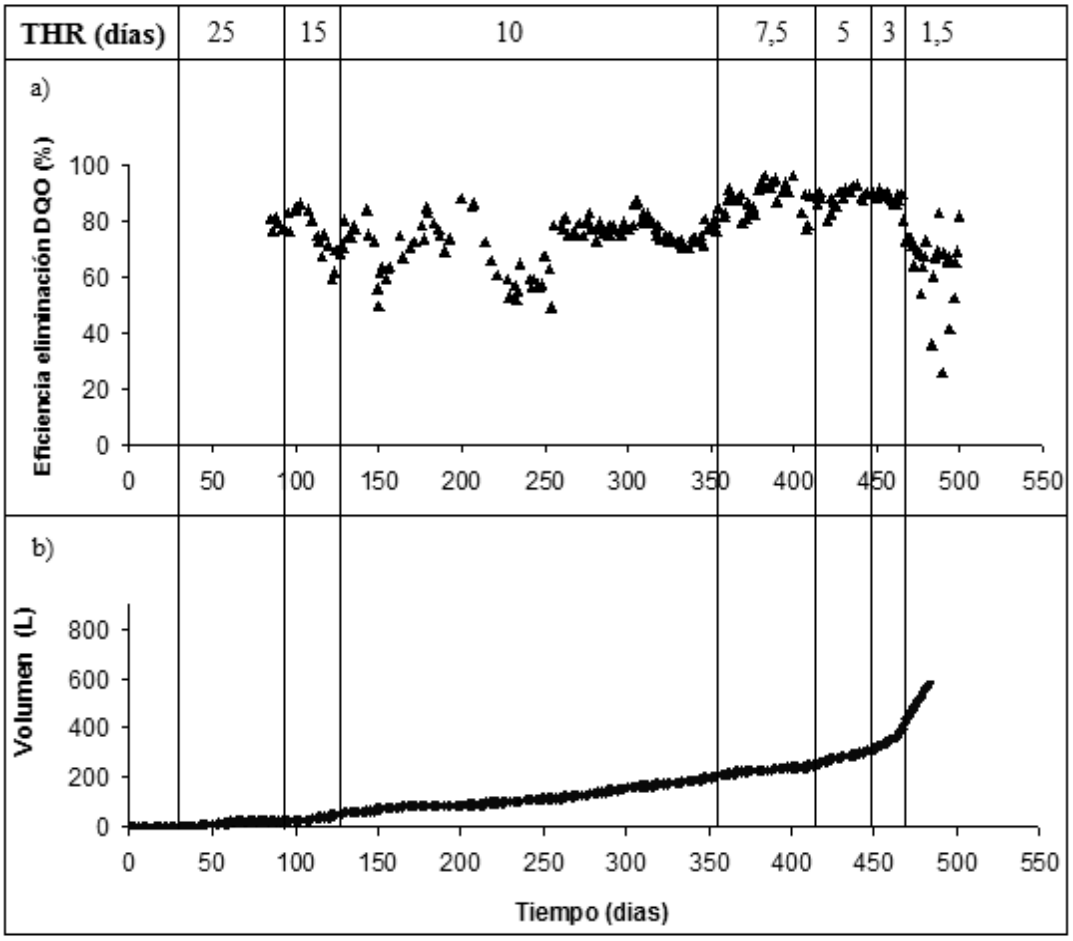


Figura 2: Variación de los parámetros característicos de la digestión anaerobia: (a) Evolución temporal de la eficacia de eliminación de DQO (%); (b) Evolución del volumen de biogás acumulado (L).

3. Conclusiones.

Los resultados experimentales indican que para bajos THR los reactores de filtro anaerobio con soportes de plástico FLOCOR-R funcionan de forma estable. Podemos observar, al final del proceso, que para un TRH de 3 días y una velocidad de carga orgánica (VCO) de 7,8 g DQO /L/d, la eficacia de eliminación de DQO en el reactor alcanzó alrededor de un 85%, mientras que el contenido en metano del biogás producido en el reactor alcanzó 5,38 L CH_4/L/d.

Además se ha observado que este tipo de reactores pueden eliminar altas concentraciones de Ácidos Grasos Volátiles (AGV), por tanto, es una alternativa viable para el tratamiento de efluentes procedentes de la generación de bio-hidrógeno, observándose un rendimiento energético adicional con una buena eficiencia en la obtención de biogás y un elevado contenido en CH_4.

Agradecimientos.

Este proyecto de investigación y el contrato del investigador Fabián Núñez han sido apoyados por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN), España. Proyecto CTM2007-62164/TECNO. Los autores desean agradecer a la Planta de Tratamiento de Residuos Municipales "Las Calandrias" su colaboración en el proyecto.



Referencias.

-APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Wastewater. Ed. Rhodes Trussell. 17th edn. APHA. Washingtong, DC. (1989)

-Lin, C; Sato, K; Noike, T; Matsumoto, J; "Methanogenic digestion using mixed substrate of acetic, propionic and butyric acids". War. Res. Vol. 20, No. 3, pp. 385-394. (1985).

-Sans, C; Mata-Alvarez, J. "Volatile fatty acids production by anaerobic fermentation of urban organic wastes". (1994).

- Michaud, S ; Bernet, N ; Buffiére, P ; Roustan, M ; Moletta, R. "Methane yield as a monitoring parameter for the start-up of anaerobic fixed film reactors". Water Research, pp 1385–1391. (2001).

-Pérez, M; Rodríguez-Cano, R; Romero, L.I; Sales, D. "Anaerobic thermophilic colonization of porous support". Chem. Biochem. Eng. Q. 20 (2) 203–208. (2006).

-Pérez, M; Romero, L.I; Nebot, E; Sales, D. "Colonisation of a porous sintered-glass support in anaerobic thermophilic bioreactors". Bioresource Technology 59. 177-183. (1996).

-Sung, S; Bazylinski, D; Raskin, L; "Biohydrogen Production from Renewable Organic Wastes". Hydrogen, Fuel Cells, and Infrastructure Technologies FY 2003 Progress Report. (2003).

-Yu, J; Pinder, K.L. "Utilization of volatile fatty acids in methanogenic biofilms". Bioresource Technology 46, pp 241-250. (1993).

DFIG wind farm: Equivalent model for large power system simulations

Carlos Andrés Garcia and Luis M. Fernández

Department of Electrical Engineering, University of Cadiz, EPS Algeciras, Avda. Ramon Puyol, s/n. 11202 Algeciras (Spain). carlosandres.garcia@uca.es, luis.fernandez@uca.es

Abstract. Currently, the most widely used wind turbine in wind farms is based on a doubly fed induction generator (DFIG). For representation of these wind farms in transient stability studies of large power systems, equivalent models are commonly used. This paper presents an equivalent model of a variable speed wind farm based on DFIG with different wind turbines and experiencing different wind speeds. This equivalent model is verified by comparing the dynamic responses of the complete and equivalent wind farm models, both for wind fluctuations and a grid disturbance.

Keywords: DFIG wind turbine, equivalent model, wind farm, aggregated wind turbines.

1. Introduction.

Nowadays energy coming from the wind is a proven power resource, with an exponential increase of its capacity, being reached 94 GW to world-wide level, where 56 GW corresponds to the scope of the European Union, which has supposed an emitted reduction of 91.3 MT of CO_2 to the atmosphere [1]. A consideration about wind power is how its high degree of penetration can influence in the behavior of the electrical power system. The quality of the energy generated by wind farms and injected to the network can be affected by: a) wind fluctuations, and b) their behavior during grid disturbances that can influence the maintenance of the power system stability.

For these reasons, system operators and producers have interested to know the behavior of wind farms and the power system influence through different studies. The major or minor complexity of the wind farm model will depend on the temporary scope of study. Thus, transient stability studies consider the influence on the electrical power system from the point of view of its stability. In these studies, it is usual to represent the electrical variables by its fundamental component to reduce the number of differential equations of the model, increase the simulation steps and apply load flow algorithms.

In this paper, a new equivalent model of a variable speed wind farm based on DFIG, with different wind turbines and experiencing different wind speeds in each one, is developed. This model only considers the aggregation of the generation systems, but not the mechanical systems for wind turbines with different rated power. The reduced model is validated by means of comparison with the complete model of the wind farm, both for wind fluctuations and a grid disturbance, in accordance with the recommendations of the International Energy Agency (IEA) Wind Task 21[1].

2. Reference model: Complete wind farm model.

Complete DFIG wind farm models for transient stabilities studies are always composed of: 1) all the wind turbine models of the farm, with the necessary detail level of the scope of study; and 2) the model of the internal grid, where the electromagnetic transient are neglected as usual in power system simulations [2].

Fig. 1 shows the wind farm considered in this study. It has a radial structure, with twelve wind turbines in two clusters, connected to the same point of common coupling (PCC) to the electrical network. The first cluster is composed of six 660 kW DFIG wind turbines in three branches of a pair of turbines. It is connected to a medium voltage/high voltage transformer (wind farm substation) and to the PCC by a cluster feeder. The second one has a similar configuration, but with two branches of three turbines each one, connected to a common transformer and a feeder.

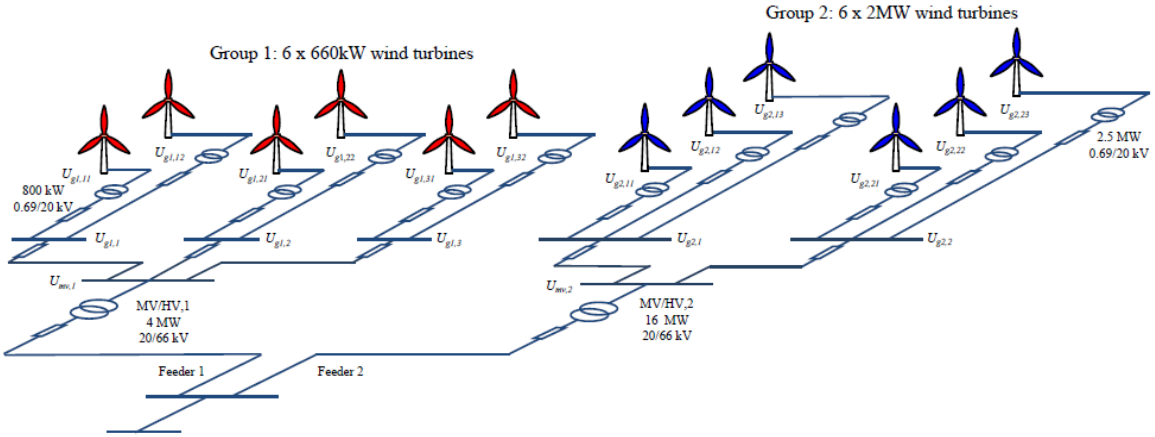


Figure 1: Complete wind farm structure

2.1. DFIG wind turbine model.

The model of a DFIG wind turbine is composed of the mechanical system and the electric generation models. The first one represents the behavior of the rotor and drive train, while the second one models the doubly fed induction generator and the power electronic converter. In this paper, we have considered the following assumptions, as usual in fundamental frequency simulations:

- Higher harmonics of electrical variables are neglected.
- Short time constant are cancelled.
- Wind turbine rotor is modeled by the actuator disk theory.
- Two masses model is adopted for the drive train.
- Induction generator is modeled by the third order model.
- Power converters are considered ideals.

According to these assumptions, the DFIG model considered in this work is similar to that presented in [3], where an external rotor resistor is used as crowbar protection and the rotor side converter is bypassed in case of grid disturbance. Fig. 2 shows the wind turbine configuration mentioned previously.

The power converter needs a special consideration. It is a partial load converter connected between the generator rotor and the grid, which is composed of two IGBT bridges linked by a DC bus. The

rotor side converter (RSC) enables the decoupled control of active and reactive powers by acting on the rotor voltage, while the grid side converter (GSC) maintains the exchange power to the grid. As usual in long term TSS, the converters have been modeled as ideal converters, where the RSC is represented by a controlled voltage source, and the GSC is modeled as a controlled current source, which provides active power to the grid with unity power factor [2].

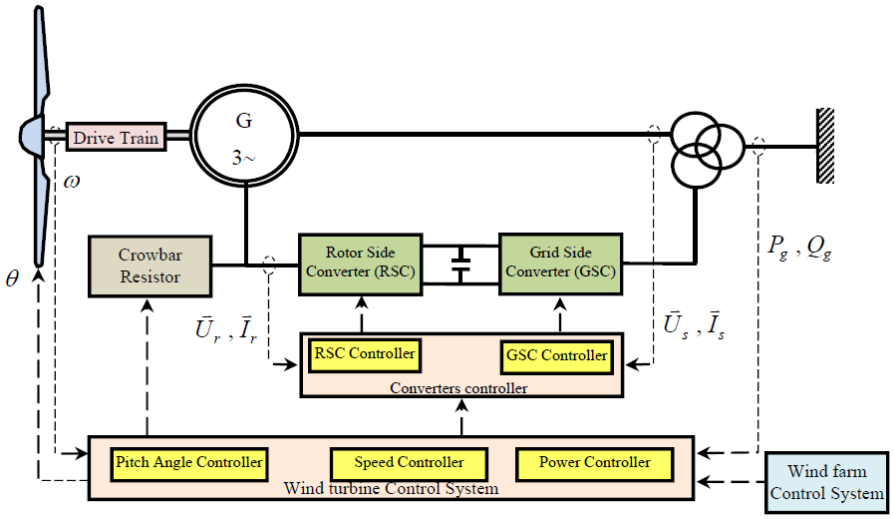


Figure 2. DFIG wind turbine configuration and basic control structure.

The wind turbine control system used in this paper is described in [4] as control system 3. It consists of three controllers:

- A rotor speed controller that uses the power-speed curve to define the power reference according to the rotor speed, and thus, the power extracted from the wind is maximized for below rated speed and limited for above rated speed. In this paper, the down power regulation has not been considered.

- A reactive power controller that enables the wind turbine operation with the desired power factor. The reactive power delivered to the grid can be expressed as function of the stator active power and the stator voltage, and therefore, it is limited by its operating region Q-P curve, depending on the stator voltage.

- A blade pitch angle controller that adjusts this angle reducing the power extracted from the wind, when the rotational speed increase up to the rated speed.

2.2. Wind farm network model.

The wind farm electrical network is modeled by the static model of its electric lines and transformers, represented by constant impedances, as usual for power systems dynamic simulations.

3. Equivalent wind farm model.

Modelling variable speed wind farms by representing all of the wind turbines is commonly denominated one to one approach. However, in case of a great amount of machines, it supposes high computation exigencies. Thus, reduced models of wind farms based on aggregating individual wind turbines in one equivalent can simplify the model complexity, and thus the simulation time. The

aggregation of identical wind turbines operating all under the same incoming winds, and their substitution by an equivalent which receives the same wind that the individual ones, has been used in numerous works [5]. Nevertheless, a wind farm usually operates under different incoming winds and even some wind farms can contain wind turbines with different rated power or different parameters. In this case, it is usual to aggregate every group of identical machines that operate in similar conditions in an equivalent (Clustering). Therefore, the wind farm is not modeled by a single machine but by several equivalent machines. The number of equivalent machines depends on the clusters that have been formed [6]. A step further consists on aggregating the generation system of the wind turbines in a single equivalent. But the mechanical systems are not aggregated to maintain the no linearity of their models.

As mentioned in Section 1, the equivalent wind farm model proposed in this paper is a compound model, where only the generation system is aggregated, while the individual mechanical systems are represented separately by means of a simplified model of each individual wind turbine.

3.1. Mechanical system model without aggregation.

A dynamic simplified model of the individual wind turbines is used to calculate the mechanical power of each one. The mechanical powers are aggregated, and the resulting power is applied to an equivalent generation system. The dynamic simplified model is similar to the one described in [2]. It is composed of the rotor and drive train models, steady-state generator model represented by its mechanical equation, the rotor speed controlled represented by the power-speed control curve and the blade pitch angle controller.

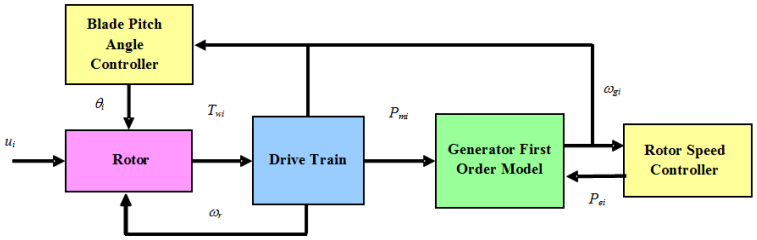


Figure 3. Simplified wind turbine model.

3.2. Aggregated generation system.

The aggregation of different induction generator in an equivalent one requires the use of specific techniques, as shown in some studies about the dynamic representation of groups of induction motors [7-8]. The assumptions considered in this paper, in order to determine the parameters to be used in the generator third order model, are the following:

- The equivalent magnetizing reactance can be easily obtained from the parallel of the individual ones.
- In the same way, the right branch impedance of each equivalent circuit can be parallel combined, assuming constant slip operation at rated power.
- It is assumed the active power equivalence between the aggregated generation system and all the individual generation systems [7].
- It is considered that the leakage reactances as well as resistances of rotor and stator are related by a constant value [8], which is obtained from the rated power weighted average of the constant values of the individual generation systems.

The equivalent wind turbine control system keeps the same rotor speed and reactive power controllers of the individual wind turbines. However, it does not include the blade pitch angle controller, since the rotor model of equivalent wind turbine has been replaced by the simplified model of each wind turbine. The control parameters have been tuned to the equivalent generation system.

3.3. Equivalent wind farm electrical network.

The aggregated internal electrical network is calculated as an equivalent impedance, assuming that the short-circuit impedance of the aggregated wind farm must be equal to the short-circuit impedance of the complete wind farm. The equivalent impedance is divided in a series combination impedances, each one obtained from the equivalent impedance, before and after the common medium voltage.

4. Simulation results.

The equivalent model described in this paper has been verified by the comparison of dynamic responses of the complete and equivalent wind farm models. They have been implemented and simulated in MATLAB/Simulink environment. The evaluation has been carried out under different operation conditions: normal conditions (wind fluctuations) and a grid disturbance (voltage dip). In both cases, the tests for validating the equivalent model capability to simulate the wind farm response follow the recommendations of the IEA Wind Task 21.

4.1. Wind fluctuations.

Fig. 4 shows the wind speed series considered in this paper for testing the model. As can be seen, there are significant differences in the winds incident on each wind turbine, which would correspond to one of the worst scenario of a wind farm, e.g., a wind farm situated on topographically complex terrains.

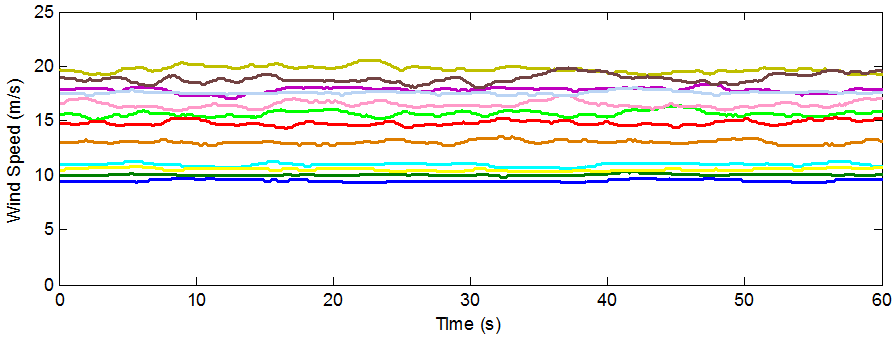


Figure 4. Wind speed time series.

The active and reactive power responses of both wind farm models are depicted in Fig.5. Simulation results are very similar, with great agreement for both active and reactive powers. Nevertheless, there are small differences in the active power due to the response of the simplified wind turbine model in case of large fluctuation of incoming wind speeds. Moreover, the equivalent control system achieves similar reactive power response to that obtained with the complete wind farm model.

To study the short-term stability responses of the equivalent model, a voltage dip of 0.5 p.u. with a duration of 0.5 seconds was considered on the grid, in accordance with the Spanish grid codes requirements. As can be seen in Fig. 6, the behavior of the equivalent model present less damping and dynamic time constant than complete model, with an oversized response, that is next to safety.

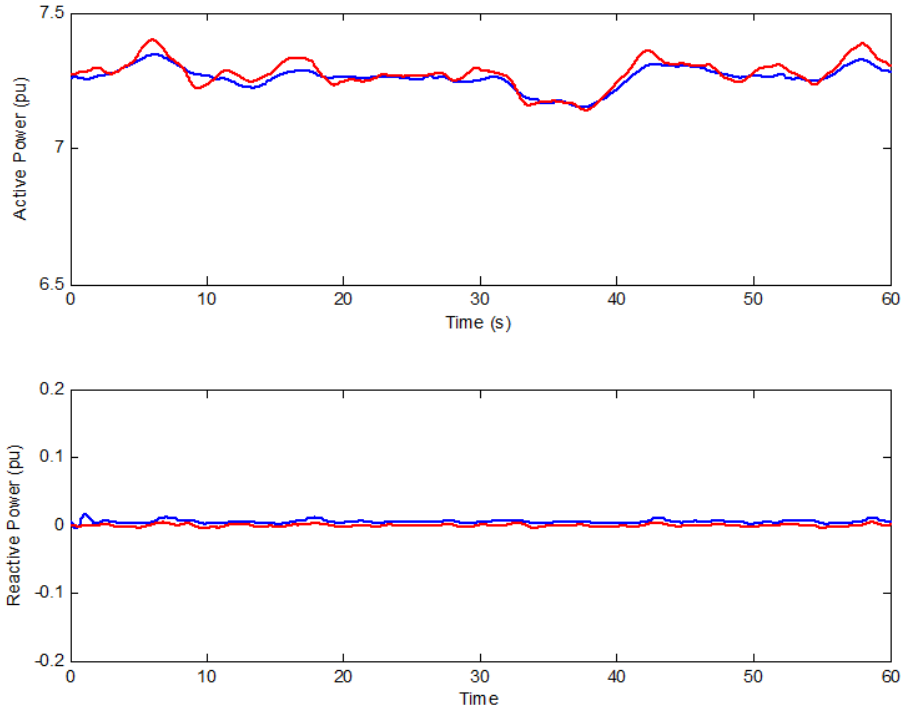


Figure 5. Powers comparison between complete (__) and equivalent model (__) under wind fluctuations.

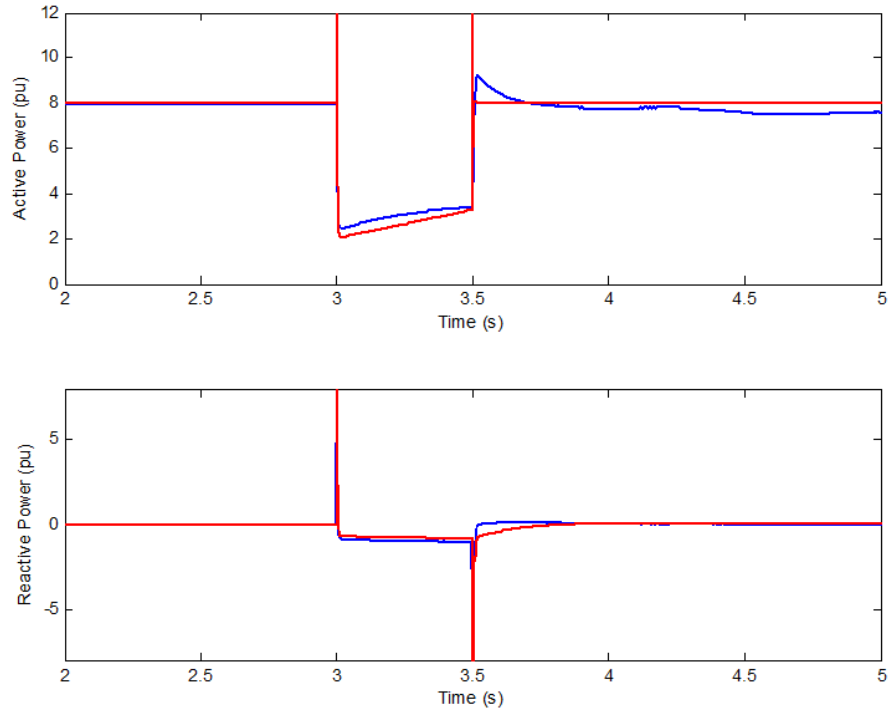


Figure 6. Powers comparison between complete (__) and equivalent model (__) during voltage dip.

5. Conclusions.

This paper presents an equivalent model of a variable speed wind farm for dynamic studies, from the point of view of the transient stability of the electrical power system. The variable speed wind farm is composed of DFIG wind turbines, which is currently the most widely used wind turbine in wind farms.

The proposed equivalent model has the particularity that it considers different wind turbines in the wind farm layout and different incoming wind speeds. It is based on the generation system aggregation, but the individual mechanical systems of each wind turbine are kept in order to preserve its no linearity. The results obtained in simulations demonstrate the effectiveness of the equivalent model to represent the collective response of the wind farm response at the point of common coupling to grid.

References:

[1] Executive Committee for the Implementing Agreement for Co-operation in the Research, Development, and Deployment of Wind Energy Systems of the International Energy Agency. "IEA WIND ENERGY. Annual Report 2007". July 2008.

[2] L.M. Fernández, F. Jurado, J.R. Saenz. "Aggregated Dynamic Model for Wind Farms with Doubly Fed Induction Generator Wind Turbines". Renewable Energy Vol. 33 (2008), pp. 129-140.

[3] L.M. Fernández, C.A. García, J.R. Saenz and F. Jurado. "Equivalent models of wind farms by using aggregated wind turbines and equivalent winds". Energy Conversion and Management 50 (2009), pp. 691–704.

[4] L.M. Fernández, C.A. García, F. Jurado. "Comparative Study on the Performance of Control Systems for Doubly Fed Induction Generator (DFIG) Wind Turbines Operating with Power Regulation". Energy 33 (2008), pp. 1438– 1452.

[5] A. Shafiu et al. "Aggregated Wind Turbine Models for Power System Dynamic Studies". Wind Engineering 30 (2006) 171-186.

[6] E. Muljadi and B. Parsons. "Comparing single and Multiple Turbine Representations in a Wind Farm Simulation". European Wind Energy Conference. March 2006.

[7] D.C. Franklin and A. Morelato. "Improving dynamic aggregation of induction motor models". IEEE Trans. on Power System Vol. 9(4) (1994) 1934-1941.

[8] J. Pedrá and F. Córcoles. "Estimation of Induction Motor Double-Cage Model Parameters from Manufactures Data". IEEE Trans. on Energy Conversion 19(2) (2004) 310-317.

Wind generation – energy storage hybrid system based on doubly-fed induction generator and electrochemical battery

Raúl Sarrias[1], Luis M. Fernández[1], Carlos A. García[1], and Francisco Jurado[2]

[1] Department of Electrical Engineering, University of Cadiz, EPS Algeciras,
Avda. Ramón Puyol, s/n. 11202 Algeciras (Cádiz), Spain
e-mail: raul.sarrias@uca.es, luis.fernandez@uca.es, carlosandres.garcia@uca.es
[2] Department of Electrical Engineering, University of Jaen, EPS Linares,
C/ Alfonso X, nº 28. 23700 Linares (Jaén), Spain
e-mail: fjurado@ujaen.es

Abstract. The expansion of wind generation can be encouraged by the use of energy storage systems (ESS), since these devices allow the reduction of the output power fluctuation. In addition, the decoupling of generation and demand curves is feasible when operating the energy storage device as a long-term storage. The modeling and control of a wind generation system, based on doubly-fed induction generator (DFIG), with batteries as ESS is carried out in this paper. A supervisory control system is developed for the energy management of the energy sources. Simulation of this hybrid system is carried out under different operating conditions, and results are evaluated.

Keywords: DFIG, battery, storage, energy management, wind turbine.

1. Introduction

In order to solve the problems caused by wind intermittency and variability, energy storage systems (ESSs) appear as a reliable alternative that improves the grid connection of wind energy [1,2].

This work proposes the modeling of a wind turbine–energy storage hybrid system, which consists of a DFIG wind turbine coupled to an electrochemical battery as ESS. In addition, different control systems have been developed, that regulate the active and reactive power exchange with the grid.

A simulation has been carried out under fluctuating wind speed and varying grid power demand. Several magnitudes have been measured and their response analyzed.

2. Wind turbine with ESS

As shown in Fig. 1, in a DFIG wind turbine the stator winding is connected directly to the grid, while a bidirectional power converter feeds the rotor windings, allowing variable frequency operation in the rotor currents. This power converter is made up of two back-to-back IGBT bridges (rotor side converter, or *RSC*; and grid side converter, or *GSC*) linked by a DC bus. The wind turbine is also equipped with a blade pitch angle controller that limits wind power capture and rotational speed for high winds.

A rechargeable lead-acid battery is connected to the DC bus of the DFIG via a bidirectional DC/DC converter. Through the DC link, the active power consumed/generated by the DFIG rotor winding and by the battery is provided to the GSC, and from this converter, it is fed to the grid.

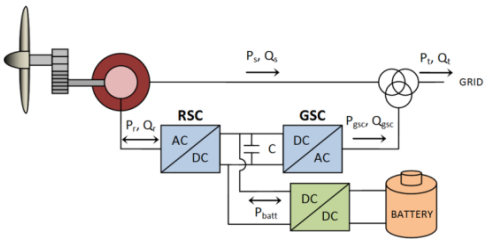


Fig. 1. DFIG wind turbine with ESS scheme

3. Modeling of the DFIG Wind Turbine

3.1. Mechanical Model

The mechanical system of the wind turbine consists of the aerodynamic rotor and the drive train. The rotor has been modeled using the actuator disk theory [3]. For the drive train, the well-known two masses model has been used [3].

3.2. DFIG

A fifth-order model has been implemented to describe the behavior of the DFIG [4]. The electrical equations are expressed in a direct (d)-quadrature (q) coordinate reference frame rotating at synchronous speed ω. The equations are given by:

$$\begin{aligned} u_{ds} &= R_s \cdot i_{ds} + \frac{d}{dt}\varphi_{ds} - \omega \cdot \varphi_{qs} \\ u_{qs} &= R_s \cdot i_{qs} + \frac{d}{dt}\varphi_{qs} + \omega \cdot \varphi_{ds} \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} u_{dr} &= R_r \cdot i_{dr} + \frac{d}{dt}\varphi_{dr} - (\omega - \omega_r) \cdot \varphi_{qr} \\ u_{qr} &= R_r \cdot i_{qr} + \frac{d}{dt}\varphi_{qr} + (\omega - \omega_r) \cdot \varphi_{dr} \end{aligned} \tag{2}$$

where u denotes voltage, i denotes current, φ denotes flux, R denotes resistance, ω is speed, indexes d and q denote the direct and quadrature components, indexes s and r refer to stator and rotor.

The electromechanical torque is calculated as follows:

$$T_e = 1.5 \cdot p \cdot (\varphi_{ds} \cdot i_{qs} - \varphi_{qs} \cdot i_{ds}) \tag{3}$$

where p is the number of pole pairs.

3.3. DFIG Power Converters

The DFIG power converter is made up of two back-to-back IGBT bridges (RSC and GSC) linked by a DC bus.

The RSC drives the wind turbine to achieve the optimum power efficiency in winds below rated, to limit the output power to the rated value in winds above rated, or to adjust the active and reactive powers to the power references when power regulation is demanded. The control is performed by using the rotor voltage [3]. The GSC maintains the power exchange from the rotor circuit and the battery to the grid and commonly operates with the unity power factor. It is controlled by using the grid side voltage [3].

The control systems developed for the DFIG power converters will be described later on.

4. Modeling of the Energy Storage System

4.1. Battery

A lead-acid electrochemical battery has been chosen as energy storage device. The battery is modeled as a voltage source in series with an equivalent internal resistance, where the magnitude of the voltage source is calculated as a function of the design parameters and its operating conditions [5].

4.2. Battery Power Converter

A bidirectional DC/DC power converter is used to connect the battery to the DC bus. It allows the energy flow to/from the battery to the DC bus, and thus the charge and discharge of the battery. The converter consists of a high-frequency inductor, an output filtering capacitor and two electronic IGBT-diode switches [5].

5. Control Systems of the Wind Turbine and ESS

5.1. Pitch Angle Control

The pitch angle controller adjusts the blade pitch angle reducing the wind power captured when the rotational speed increases above the rated speed. On the other hand, as long as the generator speed is less than the rated, the controller keeps the optimal pitch angle. The controller model includes the rate and angle limiters for the pitch angle movement.

5.2. Rotor Side Converter Control

The control strategy implemented in the RSC allows the decoupled control of the active and reactive powers by acting on the *d* and *q* components of the rotor voltage, respectively. The control scheme applied to the RSC is shown in Fig. 2.

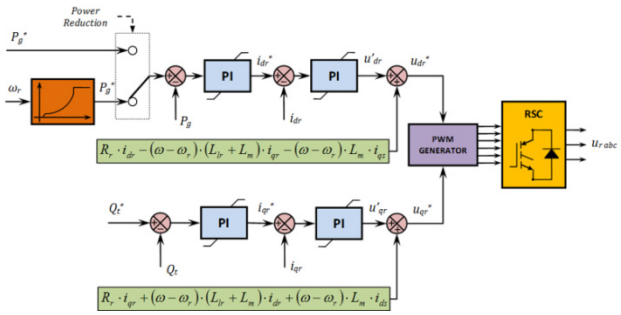


Fig. 2. Rotor side converter control scheme

Since the *d*-axis of the reference frame is oriented along the stator voltage vector, then the component u_{qs} is zero. If φ_{dqs} and φ_{dqr} are substituted in (1) and (2), and the stator resistance is neglected, it is obtained the following expressions for the components of rotor voltage:

$$u_{dr} = R_r \cdot i_{dr} - (\omega - \omega_r) \cdot L_r \cdot i_{qr} - (\omega - \omega_r) \cdot L_m \cdot i_{qs} + u'_{dr} \quad (4)$$

$$u_{qr} = R_r \cdot i_{qr} + (\omega - \omega_r) \cdot L_r \cdot i_{dr} + (\omega - \omega_r) \cdot L_m \cdot i_{ds} + u'_{qr} \quad (5)$$

where L denotes inductance and index m stands for magnetizing. In the previous equations, u'_{dr} and u'_{qr} can be expressed as a function of i_{dr} and i_{qr} respectively.

The total active power generated by the DFIG (P_g) is calculated from the sum of the stator power (P_s) and the power flowing from/to the rotor windings (P_r). These magnitudes are expressed as follows:

$$P_s = 1.5 \cdot (u_{ds} \cdot i_{ds} + u_{qs} \cdot i_{qs}) \quad (6)$$

$$P_r = 1.5 \cdot \left(u_{dr} \cdot i_{dr} + u_{qr} \cdot i_{qr} \right) \tag{7}$$

When Eqs. (1)-(2) and (6)-(7) are combined, φ_{dqs} and φ_{dqr} are substituted, and the stator resistance is neglected, it is obtained that the total active power can be expressed as directly dependent on the *d* component of rotor current, and therefore on the *d* component of the rotor voltage, as deduced from Eq. (4). The u_{dr} controller (Fig. 2) presents a selector to choose the operating mode between two options: *power optimization/limitation* and *power reduction*. In the power optimization/limitation mode, the controller uses the rotational speed to define the power reference from the power–speed curve. Thus, the wind turbine can operate with variable speed maximizing the power extracted from the wind in winds below rated or limiting the output power to rated power in above rated. In the power reduction mode, the controller uses the value set by the supervisory control system as a reference.

On the other hand, the reactive power delivered to grid by a DFIG wind turbine is the sum of the stator power and the GSC reactive power. However, it is equal to the stator reactive power, because the GSC usually operates with unity power factor.

$$Q_t = Q_s = 1.5 \cdot \left(u_{qs} \cdot i_{ds} - u_{ds} \cdot i_{qs} \right) \tag{8}$$

When Eqs. (1)-(2) and (8) are combined, φ_{dqs} and φ_{dqr} are substituted, and the stator resistance is neglected, it is obtained that the total reactive power can be expressed as directly dependent on the *q* component of rotor current, and therefore on the *q* component of the rotor voltage, as deduced from (5). The u_{qr} controller (Fig. 2) determines the quadrature component of rotor voltage, enabling the wind turbine operation with the desired reactive power.

Once the rotor voltage references are generated, a PWM generator provides the duty cycle vector to the IGBT bridge of the RSC, thus obtaining the magnitude of the three-phase rotor voltage injected to the rotor windings u_{rabc}.

5.3. Grid Side Converter Control

A similar control strategy has been developed for the GSC, since the active and reactive powers can be controlled independently by acting on the components *d* and *q* of the grid side voltage, which can be expressed as follows:

$$u_{dg} = u_{ds} - R_{RL} \cdot i_{dg} + \omega \cdot L_{RL} \cdot i_{qg} - u'_{dg} \tag{9}$$

$$u_{qg} = u_{qs} - R_{RL} \cdot i_{qg} - \omega \cdot L_{RL} \cdot i_{dg} - u'_{qg} \tag{10}$$

where u_{dqg} is the voltage at the AC side of the converter, R_{RL} and L_{RL} are the components of the impedance of the filter between the GSC and the grid, and i_{dqg} is the current flowing through the converter. Moreover, the voltages u'_{dg} and u'_{qg} can be expressed as a function of i_{dg} and i_{qg} respectively. Subsequently, the u_{dqg} reference is generated by a PI controller-based control loop, according to the control scheme shown in Fig. 3.

The active power that the GSC delivers to grid can be expressed by:

$$P_{gsc} = 1.5 \cdot \left(u_{dg} \cdot i_{dg} + u_{qg} \cdot i_{qg} \right) \tag{11}$$

Since the *d*-axis of the reference frame is oriented along the grid voltage, the component u_{qg} is zero. Then, the GSC active power can be expressed as directly dependent on the i_{dg}, and therefore on u_{dg}, as deduced from Eq. (9). The outer control loop of u_{dg} controls the GSC in order to adjust the active power P_{gsc} to the power reference P_{gsc}^*. This power reference is determined from the difference

between the active power flowing through the RSC, and the power to be stored in or provided by the battery, which is defined by the supervisory control system.

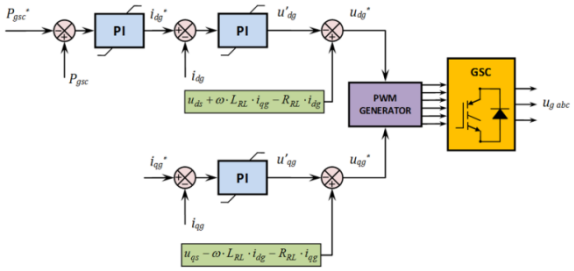


Fig. 3. Grid side converter control scheme

On the other hand, the reactive power transferred from/to the grid through the GSC is given by:

$$Q_{gsc} = 1.5 \cdot \left(u_{qg} \cdot i_{dg} - u_{dg} \cdot i_{qg} \right) \tag{12}$$

Because the component u_{qg} is zero, the reactive power depends directly on the i_{qg}. The GSC usually operates with unity power factor, and therefore the current reference i_{qg}^{*} is set to zero.

5.4. Battery Power Converter Control

This converter is controlled in order to maintain the DC bus voltage close to its nominal value. A reference of 1150 V is set to the controller and compared with the actual measurement. Then, this error is used in a PI controller that defines the duty cycle that runs the switching of the IGBTs.

6. Supervisory Control System

In order to achieve a suitable coordinate operation of the wind turbine with ESS, a control system based on a state machine has been developed. This supervisory control sets the active power reference to be stored in the battery. Moreover, it activates the power reduction mode when the battery reaches its maximum SOC, and forces the charge of the battery when the SOC achieves the minimum level.

The state machine consists of seven different states, where two hysteresis cycles must be implemented to avoid constant switching between bordering states. A truth table block from Simulink® implements the state machine behavior, using as input variables the power mismatching (calculated as the difference between P_g, and P_{demand}) named *power unbalance*, the battery SOC, and the power generated/consumed by the rotor windings, P_r. In addition, two variables, named *Low_SOC* and *High_SOC*, are internally used in the truth table. Finally, the output variables are the battery power reference (P_{batt}) and the switching signal *power reduction*. When running the truth table block, each state is defined by a condition. Each condition calls an action, and as a result, a certain instruction is generated. The description of the states and corresponding actions is given as follows.

- *State 1: SOC ≥ 70% → Action 1.* When the battery reaches its maximum recommended SOC, both the internal variable *High_SOC* and the switching signal *power reduction* are activated. Therefore, the active power reference for the RSC controller will be set as a predetermined value given by the power demand. As a consequence, the battery stops charging. In addition, the battery power reference will be set to the minimum value between zero and *power unbalance*, thus allowing the discharge when the *power unbalance* is negative.
- *State 2: SOC ≥ 65% & High_SOC = 0 → Action 2.* In this state, the RSC control will be operating with the optimization/limitation strategy, since *power reduction* is not active; and the battery power

reference will be set to compensate the power mismatching between generation and demand using the *power unbalance*.

- *State 3: SOC ≥ 65% & High_SOC = 1 → Action 3.* In this state, only the discharge of the battery is allowed. The *power reduction* mode is active, and the battery power reference is set to the minimum value between zero and *power unbalance*.
- *State 4: 35% ≤ SOC ≤ 65% → Action 4.* Here no restrictions are applied. Both internal variables *High_SOC* and *Low_SOC* are set to 0. The DFIG operates in the optimization/limitation mode, and the *power unbalance* is compensated with the battery.
- *State 5: SOC ≤ 30% → Action 5.* In this state, the variable *Low_SOC* is set to 1, and the re-charge of the battery is forced by setting its power reference to the maximum value between the *power unbalance* and the absolute value of the power flowing through the RSC. The *power reduction* mode will not be active in this state, since maximum power generated by the DFIG is desirable.
- *State 6: SOC ≤ 35% & Low_SOC = 0 → Action 6.* In this state, no restrictions of charge or discharge are applied to the battery, and the *power unbalance* will be the battery power reference.
- *State 7: SOC ≤ 35% & Low_SOC = 1 → Action 7.* Once the battery is discharged to its lowest value, the re-charging process must take place at least until the SOC exceeds 35%. As a consequence, the battery power reference defined in state 5 is also valid in state 7.

7. Simulation Results

The hybrid generation system and its control system have been modeled and simulated using MATLAB/Simulink® [6]. A fluctuating wind time series is used as input variable to the wind turbine model. The wind turbine receives winds above rated during the first 50 s, and winds below rated for the rest of simulation. In this section, the response of the most relevant parameters is shown.

As seen in Fig. 4a, for above rated wind speeds the rotor angular speed varies close to its nominal value (1.2 pu), while the pitch angle controller sets the pitch angle to its optimal value, Fig. 4b. On the other hand, the pitch angle is kept at minimum in below rated winds.

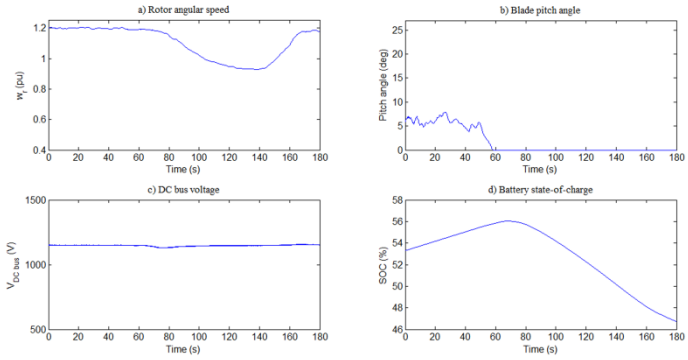


Fig. 4. a) Rotor angular speed; b) Blade pitch angle; c) DC bus voltage; d) Battery SOC

As previously mentioned, the DC/DC converter regulates the DC bus voltage as the battery supplies or stores energy. Fig. 4c shows that the DC bus voltage is properly controlled to its reference as desired. The battery SOC variation is represented in Fig. 4d. It can be observed that the battery is charged during the first 70 seconds, and discharged during the rest of simulation.

Fig. 5 shows the active and reactive power response, measured at different points of the system. During the simulation, the system works in the optimization/limitation mode. Hence, the wind turbine extracts the maximum power from the available wind for both above and below rated speeds, and the battery is responsible for providing or storing energy in order to supply the power demanded by the grid. As seen in Fig. 5, the total output power matches adequately the power demand changes.

The reactive power reference is set to zero in order to achieve unity power factor operation. As Fig. 5 shows, a proper regulation of the reactive power exchanged with the grid has been accomplished.

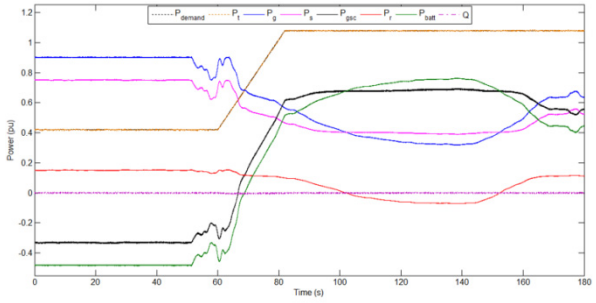


Fig. 5. Active and reactive power

8. Conclusion

This paper focuses on the modeling and simulation of a coupled DFIG wind turbine with lead-acid battery system. The DFIG control systems are described, and a supervisory control system has been developed in order to manage the active power flow between the wind turbine and the ESS.

As the results demonstrate, the battery provides or stores energy as the operating conditions change. Hence, the hybrid system adapts to the variations in grid power demand and operates appropriately under fluctuating incoming wind speed. In addition, reactive power can be regulated to zero by acting on the DFIG power converter, and voltage levels can be controlled to their reference. These characteristics lead to a substantial improvement of the wind turbine grid integration.

References

[1] M. Beaudin, H. Zareipour, A. Schellenberglabe, W. Rosehart, "Energy storage for mitigating the variability of renewable electricity sources: An updated review", *Energy for Sustainable Development*, vol. 14, no. 4, pp. 302-314, December 2010.

[2] S. Vazquez *et al.*, "Energy storage systems for transport and grid applications", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, no. 12, pp. 3881-3895, December 2010.

[3] L. M. Fernandez, C. A. Garcia, and F. Jurado, "Comparative study on the performance of control systems for doubly fed induction generator (DFIG) wind turbines operating with power regulation," *Energy*, vol. 33, no. 9, pp. 1438-1452, September 2008.

[4] P. Krause, O. Wasynczuk, and S. D. Sudhoff, *Analysis of Electric Machinery*. IEEE Press, 2002.

[5] L. M. Fernandez, P. Garcia, C. A. Garcia, J. P. Torreglosa, and F. Jurado, "Comparison of two control schemes for a fuel cell hybrid tramway integrating two dc/dc converters," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 35, no. 11, pp. 5731-5744, June 2010.

[6] SimPowerSystems™/The MathWorks Inc. Reference: Natick, MA.: Hydro Québec, 2010.

Contribution of Renewable Energy to the Sustainable Development of Remote Localities

A, Fekraoui
Centre de Développement des Energies Renouvelables
Route de l'Observatoire, BP 62, Bouzareah, Alger, Algeria.
fekraoui@hotmail.com

Abstract. In this paper we will attempt to show how renewable energies could actively contribute to sustainable development especially in rural areas. We will also summarize the ambitions of national authorities for the development of renewable energies in Algeria. Presently, some cogeneration projects as solar-gas and wind-diesel are producing about 180 MW of electricity. A 150 MWe solar power plant is projected in the Sahara. The program AlSol aims to the installation of 10 000 solar water heaters by 2014, saving about 26000 MWh of electric power. 400 units are being implemented by individuals as a first step towards popularising and promoting the product. Geothermal energy which is abundant in the country seems to be less attractive. We believe that direct use of this energy for space and green houses heating will save not less than 700 MWth as water heat discharge, and will ensure a supply of comfort for remote localities.

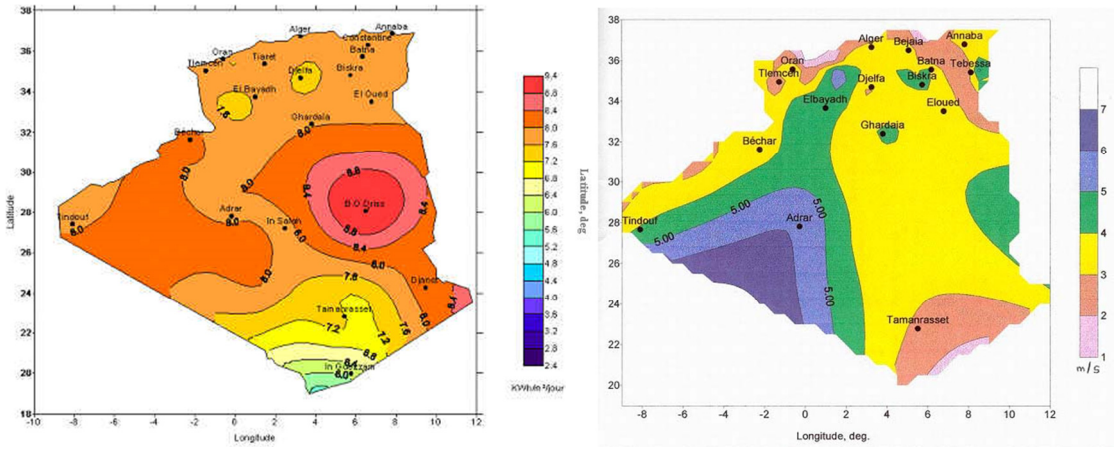
Key words: solar, wind, geothermal, sustainable development.

1. Introduction

Even though the large availability of conventional energy resources, many people in remote areas are deprived of energy comfort. Despite the availability of fossil energy, many remote sites are still suffering from the lack of energy. Indeed, the government has made an important effort to satisfy 98% of electricity demand, but some populations are still in need of energy especially for heating and cooking. In northern regions, natural gas distribution is sometimes difficult due to many considerations as topography, risks and high costs. In these regions people are using butane cylinder, when available, for heating, cooking and even for lighting. The national electricity network does not reach some areas in deep Sahara. Without natural gas, electricity or wood, one can imagine the difficulties that these inhabitants are confronted to. Climate conditions are very hard. At night, air temperature can fall below zero. The use of renewable energies in these areas will certainly help these populations for a sustainable development and will limit the phenomenon of rural depopulation.

2. Renewable energy resources

Algeria has one of the world greatest solar potential. More than 3000 hours of radiation/year over an area exceeding 2 381 745 km^2. The energy received on a horizontal surface of 1m^2 is of 5kwh. The whole territory receives around 2000 kWh/m^2/year. The total energy is estimated to 169 400 TWh/year (El-Watan, 2010). The map in figure 1(a) shows the irradiance per day in horizontal plan for the month of July. The medium Sahara shows the highest values of irradiance.



(a) **(b)**

Figure 1: Maps showing the daily irradiance on horizontal plan in july (a) and Wind velocity at 10m height.(b) (A.Bouhdjar and F. Benaziza)

The wind energy potential is characterized by an average velocity ranging from 1 to 4 m/s in the North, and higher velocities in the South (4 to 6 m/s and more) (Fig. 1b). Almost the third of the national territory has a qualified potential for the use of wind generators. Elsewhere, wind turbine might be used for mechanical water pumping.

Geothermal also is a promising energy. Even though the geothermal reservoirs are of low enthalpy type, the resources can be used in direct use for space and greenhouses heating, drying agriculture products or for bathing. There are about 200 hot springs widespread in the northern part of the country and a huge hot water reservoir in the South so called the “albian reservoir”. Hot water temperature reaches 98°C in the North and 70°C for the Albian water. The total heat water discharge is evaluated to more than 700 MWth (Fekraoui A. 2005). Figure 2 indicates the geothermal areas and potential.

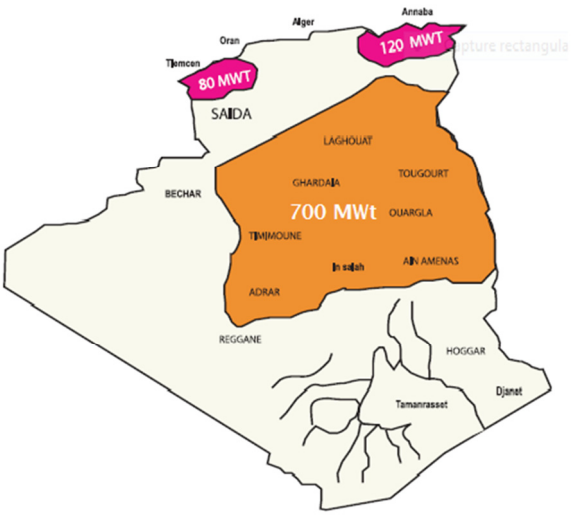


Figure 2: Geothermal potential from hot water discharge (Fekraoui A. 2003)

3. National policy for the development of renewable energy

The role assigned to renewable energies within the framework of national energy policy is "to meet energy demand in isolated areas away from power and natural gas networks" (MEM, 2007). To promote the use of renewable, authorities have promulgated over recent years, two main laws: the law for energy conservation, and the law for promotion of renewable energy within a framework of sustainable development. Article 33 of the law related to the energy control, stipulates that tax advantages in terms of customs duties may be granted for projects promoting renewable energy.

Several programs have been carried out such as the electrification of 18 villages in the Sahara (1995 – 1998). A second program has been recently launched; it concerns the electrification of 16 others villages utilising solar energy. Many public organisations have been active since the 1980's. They have as main objective the development and promotion of renewable energies and the construction and maintenance of solar facilities. Several private companies are already very active in renewable energies, mainly in the domain of solar heating and photovoltaic installations.

The New Energy Algeria Company has recently launched a hybrid power plant (cogeneration gas/solar) in the Sahara, to produce 150 MW of electricity. Another hybrid power plant (wind/diesel) of 10 MWe is planned in Adrar, South West Sahara. A 150 MW Solar power plant of is also planned in the Sahara.

A special project for "developing the market for the use of solar energy in Algeria for sanitary hot water" has been recently launched by the Agency for Promoting and Rationalising the Use of Energy (APRUE). This program called AlSol aims to the installation of 10 000 solar heaters by 2014, saving about 26000 MWh of electric power. 400 units are being installed by individuals as a first step towards popularising and promoting the product.

According to the ministry of energy and mines, the planned energy production from renewables, mainly solar and wind, will be of about 2500 MWe by 2020.

4. Targeted areas

Renewable energies are widespread in nature. They may therefore be used wherever they are. At the opposite of solar and wind, geothermal energy is not depending on the meteorological conditions. According to their natural distribution and their availability; wind, solar and geothermal energy can been used separately or combined. In the high plains, solar and wind energy can be used for pumping water, photovoltaic electrification and home heating. In the deep Sahara, photovoltaic is suitable for many purposes (telecommunication, lighting, signaling on lands…); Geothermal energy may be used in the North for greenhouses and space heating, for drying agricultural products, for bathing and fish farming. In the medium Sahara, geothermal water can be used for heating.

5. Socio-economic impacts

Beside to energy comfort, and their contribution to sustainable development and environmental preservation, the development of renewable energies projects in rural areas may have many positive socio-economic impacts:

- Stabilization of rural populations.
- Fighting the poverty by creating employments (development of greenhouses, drying, manufacturing and marketing of agriculture and aquaculture products).
- Enhancing the role of gender in local outdoor activities.
- Youth mobilization to the achievement of sustainable development.
- Strengthen the role of rural populations in developing their communities.
- Training local youth in renewable energy installations and maintenance.

6. Conclusion

According to the difficulties to supply remote localities with conventional energy, renewables seem to be the adequate solution for a sustainable development of these regions. They can play an important role in limiting the phenomenon of rural depopulation and will certainly have many other social advantages. Due to their flexibility and easy installation and maintenance, solar heaters and photovoltaic electricity are suited for these sites. More than ensuring a supply power for lighting by the use of PV, renewable energies can contribute actively to satisfy needs of some rural population as, water pumping, space heating food drying and many other uses. More than bringing the comfort, the use of renewable energies contributes to the environment protection particularly and the global warming in general.

References:

[1] Bouhdjar Amor et Benaziza Fouzia.: Algeria Energy Outlook and the Renewable Energies. The 2nd New and Renewable Energy Seminar for MENA. Tokyo, 28 February – 04 March, 2011.
[2] Fekraoui Amor : « La Géothermie, une Energie d'Avenir ». Bull. Energies Renouvelables n°4, Dec.2003
[3] Fekraoui Amor : "Geothermal Resources and Uses in Algeria: A Country Update Report". Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April 2005.
[4] El -Watan journal, 23 Dec.2010.page 7.
[5] Minister of Energy and Mines: Guide des énergies renouvelables. Site: mem.gov.dz

Thermodynamic analysis of the performance of an ammonia-water and ammonia-lithium nitrate absorption system

Nahla Bouaziz*, Ridha Ben Iffa, Lakhdar kairouani
Ecole Nationale d'Ingénieur de Tunis. Université de Tunis EL Manar, BP37, le Belvedere
1002, Tunisia. nahlabouaziz@yahoo.fr

Abstract. The present investigation deals with a compression-absorption machine. The proposed hybrid cooling system operates at three pressure levels. The adaptation of the cooling proposed machine to operate at low enthalpy sources is the main goal of the study. A thermodynamic analysis of the proposed configuration is performed. Two refrigerants have been introduced and used as working fluid for the said absorption system. The first part of this work is devoted to analyse the performance of the novel configuration operating with NH_3-H_2O. The second element is reserved to the machine's use of NH_3-$LiNO_3$ as working fluid. In order to study the characteristics and to evaluate the performance of the invoked machine versus the different operating conditions, a procedure based on the MAPLE software is set up to compute accurately the thermodynamic properties of the binary fluids. The computed results are compared to those relative to the conventional system. The simulation results show the clear benefits of the new enhanced absorption cooling cycle. In fact they reveal the great interest of the intermediate pressure not only on the performance of the machine but also on reducing the generator temperature allowing the system to operate at low exergy sources.

Keywords: Absorption, COP, Hybrid, Refrigeration, NH_3-H_2O, NH_3-$LiNO_3$.

1. Introduction.

Absorption refrigerator systems have attracted increasing research interests in recent years. Unlike mechanical vapour compression refrigerators, these systems cause no ozone depletion and reduce demand on electricity supply. The most common absorption systems are H_2O-LiBr and NH_3-H_2O cycles. The advantage of NH_3 is that it can evaporate at lower temperature compared to H_2O. Therefore, for refrigeration the NH_3-H_2O is used. Research has been performed for NH_3-H_2O systems theoretically [1, 2] and experimentally [3, 4]. Efforts are being made to search for better refrigerant-absorbent pairs that can improve system performance. It is proposed that NH_3-$LiNO_3$ cycle can be alternative to NH_3-H_2O [5, 6]. Thus, in the present study we focus particularly on the single and double stage tritherme absorption cycles, operating with both water-ammonia and ammoniac- lithium nitrate. The main object is to adapt these machines to low temperature heat sources [7]. In this investigation we attach a particular interest to the optimization of the system's performance and the minimization of energy consumption of the refrigeration cycles [8, 9]. In fact, a single-stage machine, composed of an evaporator, an absorber, a pump, a generator, a condenser, two generators and an inter-exchange solution, has been frequently studied [10, 11]. We note that this standard absorption

system using NH_3-H_2O cannot be operating at a generator temperature below 100°C, for a condensing and evaporating temperature respectively of 40°C and -10°C. In addition, the maximum value of the single-stage absorption COP is approximately equal to 0.51 [12]. Besides, it has been proved that if the number of stages increases, the coefficient of performance decreases [13]. In the present work, we propose a new hybrid absorption configuration operating at three pressure levels. The absorber is at an intermediate pressure taken between the evaporator pressure and the condenser pressure, unlike the single stage machine which works between two pressure levels. The performance of the proposed configuration operating with both NH_3-H_2O and $LiNO_3$ are performed and compared to the performance relative to the conventional cycle.

2. Modelisation.

Several authors have studied different models of absorption machines using H_2O-NH_3 and LiBr-H_2O as working fluids and geothermal energy and solar energy as energy sources [10, 11].The absorption machine consists of six main elements evaporator, absorber, pump, generator, condenser and expansion valve. Some systems are composed of simple stage machine and others are formed by a succession of stages with various component associations and sometimes inserting other new components. To model an absorption cooling cycle, it is sufficient to model each component of the refrigeration cycle. In the following section, we present the simple effect absorption machine and we develop a novel absorption hybrid configuration (see figure 1 and figure 2). We will explain and quantify the NH_3-H_2O and the NH_3-$LiNO_3$ adaptability to low-enthalpy sources. The performances of these cycles against various operating conditions will be compared.

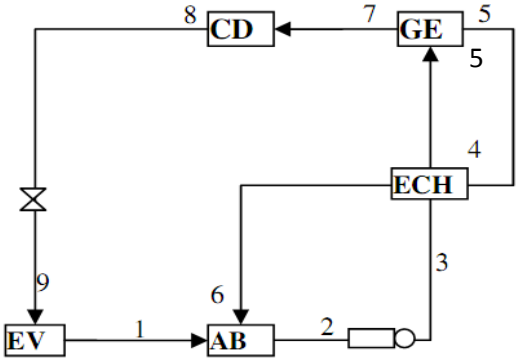


Fig. 1 Conventional cycle.

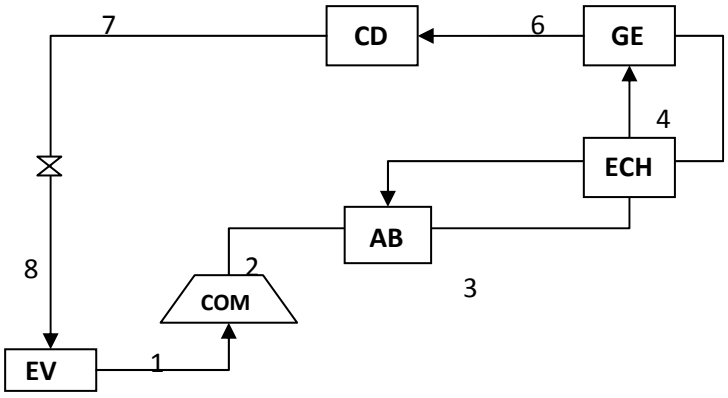


Fig. 2 Hybrid absorption cycle

2.1. Mathematical model.

In the following, we develop the energy and mass balance for the novel configuration. The entrainment factor f is the necessary rich solution flow able to move 1 kg of NH3 from generator.

$$f = \frac{1 - x_5}{x_4 - x_5}$$

Condensor

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_7 = \dot{m}_{NH3} \quad (1)$$

$$T_7 = T_{CD} \quad (2)$$

$$h_7 = h(T_{CD}) \quad (3)$$

$$P_7 = P(T_{CD}) = P_{CD} \quad (4)$$

$$\dot{Q}_{CD} = \dot{m}_{NH3} \cdot (h_6 - h_7) \quad (5)$$

Evaporator

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_7 = \dot{m}_{NH3} \quad (6)$$

$$T_1 = T_{EV} \quad (7)$$

$$h_8 = h_7, \; h_1 = h(T_{EV}) \quad (8)$$

$$P_8 = P_1 = P(T_{EV}) = P_{EV} \quad (9)$$

$$\dot{Q}_{EV} = \dot{m}_{NH3} \, (h_1 - h_8) \quad (10)$$

Generator

$$\dot{m}_4 = \dot{m}_6 + \dot{m}_5 \quad (11)$$

$$P_6 = P_5 = P_4 = P_{CD} \quad (12)$$

$$T_6 = T(x_4, P_{CD}), T_5 = T_{GE} \quad (13)$$

$$x_5 = x(T_5, P_{CD}), \; x_4 = x_5 + \Delta x \quad (14)$$

$$h_6 = h(x_4, P_{CD}), h_5 = h(x_5, P_{CD}) \quad (15)$$

$$\dot{Q}_{GE} = \dot{m}_{NH3}(h_6 + (f - 1) \cdot h_5 - f \cdot h_4) \quad (16)$$

Compressor

In order to determine the compressor power, we consider the following hypothesis:

(i) At the evaporator outlet (EV), vapour ammonia is assimilated as an ideal gas,

$$T_{ent\_comp} \times P_{ent\_comp}^{(k-1)/k} = T_{sor\_comp} \times P_{sor\_comp}^{(k-1)/k} \quad (17)$$

(ii) In an ideal case, adiabatic process, it consumes power given by:

$$\dot{Q}_{is} = cp_{NH3} \times (T_{sor\_comp} - T_{ent\_comp}) \quad (18)$$

Considering the isentropic efficiency, the real power is defined as follows:

$$\dot{Q}_{réel} = \frac{\dot{Q}_{is}}{\eta_{is}} \quad (19)$$

Where: $\dot{Q}_{réel} = h_{sor\_comp} - h_{ent\_comp}$ (20)

So we can deduce from the two previous expressions the value of the steam enthalpy at the compressor outlet:

$$h_{sor\_comp} = h_{ent\_comp} + \frac{\dot{Q}_{is}}{\eta_{is}} \quad (21)$$

The term performance is determined as follows Laouir et al (2002) :

$$\eta_{is} = 0.874 - 0.0135 \cdot \tau \quad (22)$$

$$and \qquad \tau = \frac{P_{sortie}}{P_{entrée}} \quad (23)$$

Absorber

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 \quad (24)$$

$$x_3 = x_2 \quad (25)$$

$$T_3 = T_{CD} \quad (26)$$

$$\dot{Q}_{AB} = \dot{m}_{NH3}(h_2 - h_3) \quad (27)$$

from the equations(10) and (16) we deduce the coefficient of performance:

$$COP = \frac{\dot{Q}_{Ev}}{\dot{Q}_{GE}} = \frac{h_1 - h_2}{h_7 + (f-1).h_5 - f.h_4} \quad (28)$$

3. Results and Discussion.

Several studies have been devoted to determine the COP and limitations of the absorption system operating conditions. In order to evaluate the absorption refrigeration system performance, we have developed a numerical program. The calculating procedures of the working fluid thermodynamic properties were made using MAPLE computer tools. The performance of the NH_3-H_2O and NH_3-$LiNO_3$ cycles against various operating conditions are compared relatively to the conventional machine.

Figure 3 shows the COP's evolution versus the generator temperature, for an evaporator temperature and a condenser temperature fixed respectively to -10°C and 40°C. For the hybrid configuration, the absorption pressure is fixed to 500 kPa. The analysis of Figure 3 shows that for NH_3-H_2O proposed absorption machine, the coefficient of performance is higher than that relative to the classic system. It's about 0.58. While for the conventional configuration, the COP cannot exceed 0.51. On the other hand, the operating temperature is relatively low, around 70°C compared to that relative to the simple effect cycle which is about 105°C. In addition, even for high temperature generator (TGE>105°C) the COP continues to be higher than that relative to the conventional cycle.

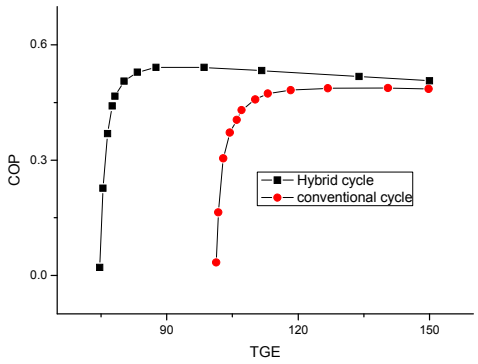


Fig. 3 COP evolution versus TGE for the conventional cycle and the hybrid configuration using NH_3-H_2O.

Fig 4 shows the COP evolution versus the generator temperature from TGE=60°C to TGE=150°C, for a condensing temperature TCD=40°C and an evaporating temperature TEV=-10°C. Besides we note that the ammoniac-lithium nitrate conventional machine doesn't work at a generator temperature below 95°C. In addition its COP doesn't exceed 0.5. Consequently, the hybrid absorption NH_3-H_2O cycle operates from a generator temperature TGE=72°C and presents performance slightly higher than the performance relative to the simple effect machine

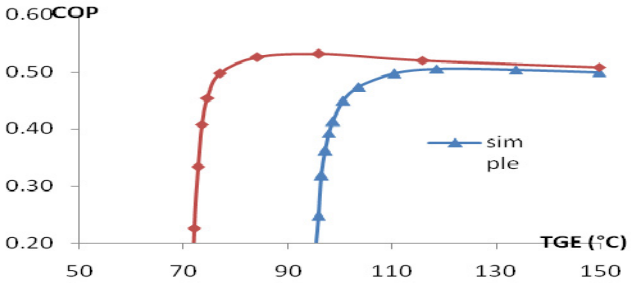


Fig 4 COP evolution versus TGE for the conventional cycle and the hybrid configuration using NH_3-$LiNO_3$

Fig 5 shows the main results of the comparison investigation of the COP evolution versus the generator temperature for both ammoniac-water and ammoniac-lithium nitrate systems. The numerical results show that the NH_3-$LiNO_3$ system gives better

performance than NH_3-H_2O machine, not only because of higher COP value, but also because of lower operating generator temperature.

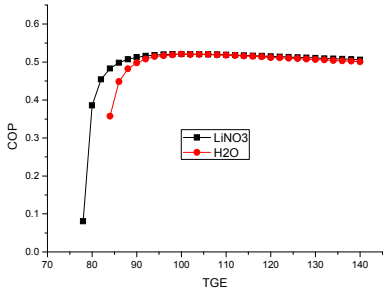


Fig. 5 COP evolutions versus TGE for both NH_3-H_2O and NH_3-$LiNO_3$ cycles

Fig 6 shows the COP evolution versus TCD for TGE=100°C and TEV=-10°C, for both NH_3-H_2O and NH_3-$LiNO_3$ hybrid cycles. We note that the performance of the ammoniac-lithium nitrate is slightly better than that relative to the ammoniac-water cycle

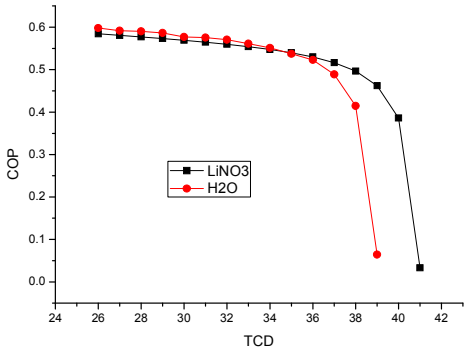


Fig. 6 COP evolutions versus TCD for both NH_3-H_2O and NH_3-$LiNO_3$ cycles

On the other hand, we note that a new parameter reveals interesting to study the COP of the hybrid cycle. It's the pressure of the absorber (Pint). Figure 7 shows the COP evolution versus Pint for TGE=80°C, TEV=-10°C and TCD=30°C. We recall the great importance of Pint in reducing the generator operating temperature.

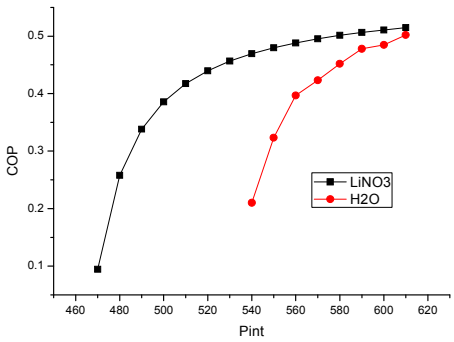


Figure 7. COP evolution versus Pint for H_2O-NH_3 and NH_3-$LiNO_3$ cycles

4. Conclusion.

In this investigation, we proposed a novel configuration of an absorption cooling machine operating at three pressure levels. A thermodynamic analyses of the said system using both ammoniac water and water ammoniac lithium nitrate is performed. The comparative study conducted in this investigation reveal that NH_3-H_2O and NH_3-$LiNO_3$ systems present enhanced performances relatively to the conventional cycle. Besides the performance of the ammoniac-lithium nitrate is slightly better than that relative to the ammoniac-water cycle. Consequently the NH_3-$LiNO_3$ absorption system can be a suitable alternative to ammoniac-water cooling machine. Indeed, the numerical results highlight the adaptability of the proposed cycles to operate at low enthalpy source for both working fluid. We also show that for an evaporator temperature and a condenser temperature fixed respectively at -10°C and 40°C, the Ammonia-water hybrid refrigeration system operates at a generator temperature TGE=75°C and presents an installation's COP about 0.56 while the proposed ammonia-lithium nitrate absorption cycle operates at a generator temperature TGE=55°C and presents an installation's COP about 0.62 for a generator temperature of 65°C. For the same conditions, we note that the single stage machine COP cannot exceed 0.51 with a generator temperature of about 100°C. Consequently, our enhanced configuration presents the opportunity to operate at low enthalpy sources and to present coefficient of performance relatively high for both working fluids.

References

[1] D. Sun, Ian W. Eames and S. Aphornratana. Evaluation of a novel combined ejector-absorption refrigeration cycle-I: computer simulation. Int. J. Refrig. Vol. 19, N 3 (1996) pp172-180.
[2] Misra R D, Sahoo P K, Gupta A. Application of the exergetic cost theory to the LiBr/H2O vapour absorption system. Energy 27 (2002) 1009-1025.
[3] S. N. Mumah, S. S. Adefila and E. A. Arinze. Energy convers. Mgmt. 35, N8. (1994)737-750.
[4] D. A. Kouremenos. A tutorial on reversed NH3/H2O absorption cycles for applications. Solar energy .34(1985)101–115.
[5] Hulten M, Berntsson T. The compression/absorption heat pump cycle-conceptual design improvements and comparisons with the compression cycle. Int J. Refrig. 25 (2002) 487-497.
[6] Selahattin Göktun. Optimal performance of an irreversible, heat engine-driven combined vapour compression and absorption refrigerator. Applied Energy 62 (1999) 67-79.
[7] S.B. Riffat, Guoquan Qiu. Comparative investigation of thermoelectric air-conditioners versus vapour compression and absorption air-conditioners. App. Th. Eng. 24 (2004) 1979–1993.
[8] S. Göktun. Performance analysis of a heat engine driven combined vapor compression-absorption-ejector refrigerator. Energy Convers. Mgmt 41 (2000) 1885-1895.
[9] A Laouir, P legoff, J M Hornt. Cycle de frigopmpes à absorption en cascades matérielles–détermination du nombre d'étages optimal pour le mélange ammoniac–eau. Int J. Refrig. 25 (2002) 136-148.
[10] S. G. alvares and Ch. Trepp simulation of solar driven aqua-ammonia absorption refrigeration system. Int J. Refrig. 10 (1987) 40–49.
[11] M. Fukuta, T. Yanagisawaa, H. Iwatab and K. Tadab. Performance of compression/absorption hybrid refrigeration cycle with propane/mineral oil combination. Int J. Refrig. 25 (2002) 907–915.

Freshwater microalgae as potential biodiesel producers: lipid content as screening key

Regina Fernández- Cabezón[1,2], Ana Bartual[1,2] and J. Ángel Gálvez[1]

[1]Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, Avda. República Saharaui s/n, 11510-Puerto Real (Cádiz, Spain), ana.bartual@uca.es, joseangel.galvez@uca.es.

[2]Centro Andaluz de Ciencia y Tecnología Marinas (CACYTMAR), Universidad de Cádiz, Avda. República Saharaui s/n, 11510-Puerto Real (Cádiz, Spain), regina.fernandez@uca.es.

Abstract. Since 90´s, biodiesel has received much attention due to its potential as sustainable alternative to petrodiesel. Microalgae are feasible source for biodiesel production, because of their high biomass and lipid production instead of oil crops, waste cooking oil and animal fat. In the screening process of searching the better candidate for getting renewable fuel, it is important to select strains that could grow optimally and show high oil levels under local climate conditions.

In this work we have established a freshwater microalgae collection containing 16 strains named as UCA-01 to UCA-16. Species were collected and isolated from different continental lagoons and reservoirs sited in Cádiz (Bornos, Guadalcacín and Arcos reservoirs and La Vega temporal lagoon). These strains have been characterized by studying growth rates, photosynthetic pigments contents, biomass, total lipid dry weight percentage and productivity. Until date, we have characterized 7 of these species under controlled light and temperature conditions, resembling natural conditions of its environmental origin.

As main results we have found that strains UCA-03, UCA-05 and UCA-07, chlorophytes, are the best potential candidates for biodiesel production under the studied culture conditions. The strain named as UCA-03 showed an optimal growth rate of 2,1 d^{-1} and has presented a lipid productivity of 90 mg L^{-1} d^{-1} in the assayed conditions. The strain UCA-07 showed the highest value of lipid productivity (127 mg L^{-1} d^{-1}). These values were in the range and even higher than those obtained for other species typically studied for biodiesel production as *Nannochloropsis*, that produces an average of 82 mg L^{-1} d^{-1}. However, although UCA-05 did not show high lipid productivity (56 mg L^{-1} d^{-1}) compared with other species, it reached high lipid content in dry weight (34 % dw). Currently, we continue with the characterization of the other collected strains at the same environmental conditions.

This research has been supported by Biotecnología de Microalgas S.L., through the programme PSE funded by the Spanish Ministry of Science and Innovation (MICINN, projects PSE-440000-2008-2 and PSE-440000-2009-016).

Keywords: Biodiesel, freshwater microalgae, lipid content, productivity.

1. Introducción

Durante las últimas décadas, la producción y utilización de biodiésel ha surgido como una alternativa sostenible al uso del petrodiésel. Tradicionalmente, el diésel de origen biológico se ha obtenido mayoritariamente de la transesterificación de aceites vegetales provenientes de cultivos terrestres como la colza, la soja o el girasol [1] o en menor medida, de grasas animales y aceites de cocina usados [2]. Aunque el uso como materia prima de este tipo de cultivos agrícolas y alimentarios es una opción prometedora, se plantean cuestiones cruciales para su sostenibilidad, debido al impacto económico y ambiental que suponen. Por lo tanto, se ha intensificado la búsqueda de otras fuentes que no compitan con el consumo humano.

Así, las microalgas aparecen como una prometedora alternativa de esta materia prima. Son organismos cosmopolitas, que pueden crecer en aguas oceánicas, dulces y salobres, así como en dispositivos que ocupan mucho menos espacio que los cultivos tradicionales terrestres, lo que reduce la competencia por el terreno con los cultivos de consumo. Además, la naturaleza unicelular de estos organismos le confiere grandes ventajas para su cultivo, pues presentan tasas de crecimiento elevadas y una estructura celular simple. Se ha comprobado que existen muchas especies, por ejemplo de los géneros *Scenedesmus* y *Chlorella*, que presentan tasas de producción de biomasa y de aceites más altas que muchos cultivos convencionales [3]. Algunas especies generan grandes cantidades de este aceite vegetal como sustancia de reserva, alcanzado niveles de entre el 20 y el 50% de peso seco en lípidos [4, 2].

Si bien la producción de biodiésel a partir de microalgas es factible, actualmente presenta problemas de viabilidad. Existen diferentes cuestiones económicas y técnicas que lo justifican, tales como los costes de producción y recolección de biomasa, contaminación de los cultivos por especies oportunistas, evaporación y limitación de la luz en el caso de la producción en tanques abiertos (raceways), o acumulación de oxígeno en fotobiorreactores cerrados [5].

El primer paso para el desarrollo de este tipo de proceso productivo debe basarse en la elección de cepas con las cualidades más idóneas. Así pues, altas tasas de crecimiento se traducen en grandes productividades en biomasa. La densidad de esta biomasa aumenta la tasa de recolección por volumen disminuyendo costes, además de reducir el riesgo de competencia con otros organismos planctónicos de crecimiento más lento. Un alto contenido en lípidos aumenta el rendimiento del proceso y reduce el coste de extracción y purificación por unidad de producto [6]. La elección de especies autóctonas nos garantiza en gran medida la adecuación de los cultivos al clima de la zona de trabajo elegida. Por lo tanto, es de fundamental relevancia para el éxito del cultivo masivo de microalgas y en particular para productos de bajo coste como el biodiésel, seleccionar estirpes con altas tasas de crecimiento y productividad de lípidos, adaptadas a la climatología local.

El objetivo de nuestra investigación ha consistido en la búsqueda de aquellas estirpes de microalgas mejor adaptadas a las condiciones climatológicas de la provincia de Cádiz y potencialmente productoras de biodiésel, mediante la determinación y el análisis de sus cualidades con el fin de obtener los mayores tasas de productividad en biomasa y lípidos.

2. Desarrollo y contenido

2.1. Metodología

Para la consecución de dicho objetivo se desarrollaron una serie de actividades detalladas a continuación.

2.1.1 Muestreos

Con el fin de obtener cepas de microalgas salvajes autóctonas, adaptadas a las condiciones ambientales del entorno y potencialmente óptimas para su cultivo masivo, se realizaron diversos muestreos en diferentes sistemas acuáticos continentales de la provincia de Cádiz.

La selección de estos enclaves se ha realizado en función de dos criterios:

- La cercanía espacial a las instalaciones de la planta piloto de cultivos de microalgas de la empresa Biotecnología de Microalgas S.L. en Jerez de la Frontera (Cádiz), y por tanto sometidos a condiciones climáticas semejantes.
- La diversidad en cuanto a sus características como ecosistemas acuáticos continentales.

Los sistemas elegidos se describen a continuación:

- *Laguna de la Vega:* es un cuerpo de agua de origen temporal de baja salinidad y un entorno antropizado por su cercanía a la localidad de Puerto Real y al Campus del Río San Pedro.
- *Embalse de Bornos:* Sistema eutrófico, de naturaleza artificial y alimentado por el río Guadalete. Situado en la localidad de mismo nombre.
- *Embalse de Guadalcacín*: De naturaleza oligo-mesotrófica, igualmente de origen no natural. Sito en la localidad de San José del Valle y alimentado por el río Majaceite.
- *Embalse de Arcos*: Sistema artificial que se encuentra en la localidad de Arcos de la Frontera y está alimentado por el río Guadalete.
- *Río Guadalete:* La zona muestreada corresponde a las inmediaciones de El Portal, en Jerez de la Frontera, área altamente antropizada por su cercanía a la E.D.A.R. de la localidad.

En cada uno de los puntos de muestreo se tomó una muestra de agua superficial de 5L, que se pasó por un colector con malla de 10 µm. El fitoplancton retenido en la malla se concentró con agua filtrada en 50 mL. Una alícuota de estas muestras concentradas se usó como inóculo para la generación de *blooms* artificiales o cultivos *stocks* en sistemas cerrados (matraces de 250 mL), que se emplearon como fuente para comenzar el proceso de aislamiento de cepas. Dichos cultivos se enriquecieron con medio de cultivo Bold´s Basal Medium (BBM), medio natural enriquecido con BBM y BBM enriquecido con silicato, preservados en una cámara de cultivo atemperada a 20 º C y luz continua (150 µmol/m^2s) (Fig. 1A).

2.1.2 Aislamiento del medio natural

A partir de los cultivos *stocks*, se han obtenido microcultivos monoalgales de diferentes especies. Para conseguir separar cepas del resto de organismos fitoplanctónicos, se emplearon diferentes técnicas de aislamiento como diluciones sucesivas, siembras en microplaca (Fig.1B) y aislamiento mediante micromanipulación (Fig.1C).



A **B** **C**

Figura 1: Metodologías de aislamiento

2.1.3 Caracterización y selección de cepas

Para determinar el valor potencial como productoras de lípidos de las distintas cepas, y por consiguiente su relevancia en la producción de biocombustible, se llevó a cabo la caracterización de las mismas. Para ello, se establecieron unas condiciones experimentales determinadas, así como parámetros de análisis para evaluar su importancia como materias primas lipídicas. De cada cepa se ha trabajado con cuatro réplicas de un litro en matraces erlenmeyer inoculados con 200 ml de las cepas en cuestión. Dos de las réplicas se estudiaron hasta la fase exponencial de crecimiento del cultivo y las otras dos se llevaron hasta el punto de crecimiento estacionario. Estas réplicas han sido estudiadas bajo condiciones de luz y temperatura controladas dentro de una cámara de cultivo multiparamétrica y burbujeadas con aire enriquecido con CO_2 al 3% (V/V), sin supresión del aporte de CO_2 en oscuridad (Fig.2). El ciclo de irradiancia y temperatura empleado en la caracterización se corresponde con el patrón medio de la zona meridional de la Península Ibérica (Fig.3). Se han caracterizado 7 de las 16 cepas constituyentes del banco en la actualidad.



Figura 2: Cámara de cultivo

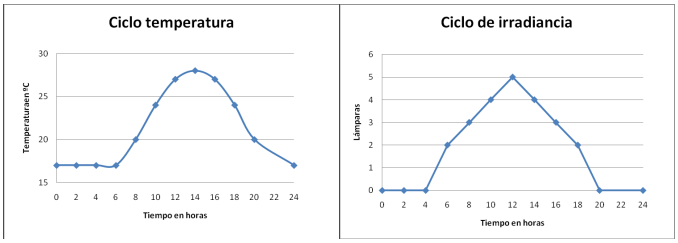


Figura 3: Ciclo de temperatura e irradiancia

2.1.4 Parámetros de análisis

Los parámetros evaluados en fase exponencial y estacionaria de crecimiento, bajo las condiciones ya citadas, han sido:

a. Tasa de crecimiento.

Las tasas de crecimiento (μ) fueron calculadas a partir de recuentos diarios a microscopio (cámara Neubauer) utilizando la siguiente fórmula:

$$\mu = [ln(Nt) - ln(N_0)]/(t-t_0)$$

donde N_t es la densidad celular en el tiempo t (expresado en días) y N_0 en el tiempo 0.

b. Contenido en clorofila y carotenoides.

El contenido en pigmentos fotosintéticos se determinó espectrofotométricamente mediante extracciones en metanol, empleando ecuaciones específicas en el estudio de clorofitas para el cálculo de la clorofila a y b [7] y para la cuantificación de carotenoides [8].

c. Biomasa.

Se cuantificó la biomasa algal para las distintas cepas tanto en fase exponencial como en fase estacionaria de crecimiento. Para ello, se centrifugaron 400 ml por réplica a 3500 r.p.m. durante 10 minutos. El pellet de microalgas obtenido fue liofilizado durante 24 horas. Transcurridas las 24 horas, se pesaron los pellets en tubos de centrífuga previamente tarados obteniendo el dato de peso seco para esa cepa. Se calculó la biomasa presente en esta fase de

cultivo, mediante la diferencia gravimétrica en gramos entre el peso inicial (tubo tarado) y el peso final (tras liofilizado) de la cepa en cuestión, y normalizando posteriormente por el volumen de cultivo.

d. Lípidos totales en porcentaje de peso seco.

Se determinó el contenido en lípidos totales mediante una aproximación de tipo gravimétrica, usando una metodología basada en extracciones a partir de adiciones de volúmenes de solventes orgánicos, cloroformo/metanol [9]. Con el fin de mejorar el proceso de extracción, se emplearon ultrasonidos para producir la lisis de las células. Posteriormente, los extractos fueron secados en atmósfera de nitrógeno.

e. Productividad potencial de biomasa y de lípidos

La productividad potencial de biomasa se calculó con de los valores de biomasa y las tasas de crecimiento. La productividad potencial de lípidos se obtuvo a partir de los datos de peso seco en lípidos y las tasas de crecimiento, normalizando por volumen (litros de cultivo).

2.2. Resultados

2.2.1. Colección e identificación de cepas

En la actualidad han sido aisladas con éxito 16 cepas diferentes de microalgas continentales, en su mayoría clorofitas, a excepción de la *UCA-06* y la *UCA-13*, que pertenecen a la división *Bacillariophyta*, comúnmente llamadas diatomeas. Para la identificación de las mismas se han empleado bases de datos (www.algaebase.org, www.ccap.ac.uk), así como claves de identificación [10].

2.2.2. Tasas de crecimiento

Se calculó mediante recuentos diarios en cámara Neubauer durante 10 días de cultivo. Las cepas *UCA-01, UCA-07* y *UCA-16* presentan tasas ligeramente por encima de 1 día $^{-1}$, presentando buena adaptación a las condiciones ensayadas. La clorofita *UCA-03* mostró la mayor tasa de crecimiento de todas las cepas aisladas (2.09 ± 0,094 dia^{-1}), (Figura 4).

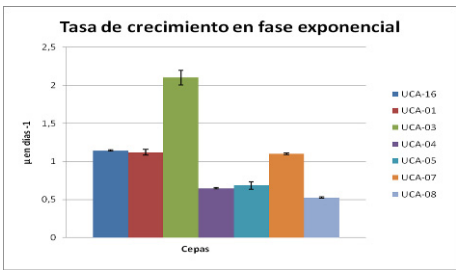


Figura 4**:** Tasas de crecimiento obtenidas para las distintas cepas estudiadas

2.2.3. Biomasa

Las biomasas más altas se registran para las cepas *UCA-01, UCA-03 y UCA-07*, tanto en fase exponencial como en fase estacionaria de crecimiento (Figura 5).

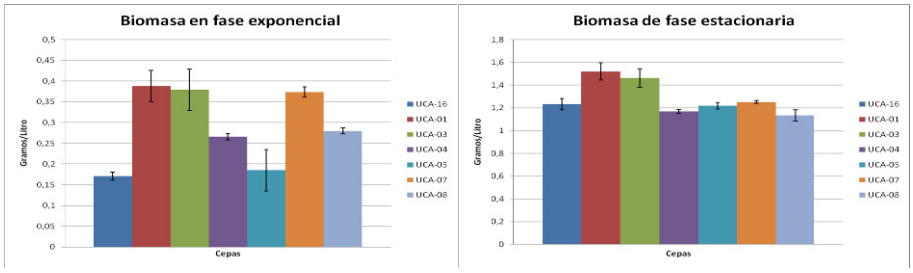


Figura 5: Biomasa en fase exponencial y estacionaria de las distintas cepas caracterizadas

2.2.4. Lípidos totales en porcentaje de peso seco

La cepa *UCA-05* presentó el valor más elevado, en torno a un 34 % de peso seco en lípidos totales (%LT). Las cepas *UCA-04, UCA-07 y UCA-08,* también clorofitas, mostraron contenidos relativamente importantes, entre el 20-25% de peso seco en lípidos totales (Fig.6). En fase estacionaria, los valores de porcentaje de lípidos no variaron de forma relevante.

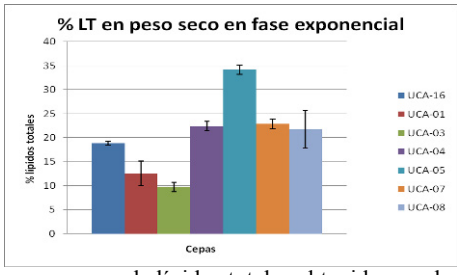


Figura 6: Porcentaje en peso seco de lípidos totales obtenido para las cepas estudiadas

2.2.5. Productividad

Con los datos obtenidos para los parámetros de biomasa, contenido en lípidos totales y tasas de crecimiento, se calculó la productividad potencial y productividad potencial de lípidos para cada una de las cepas caracterizadas. Los mayores valores de productividad se obtuvieron para las cepas *UCA-03, UCA-01 y UCA-07* (Fig.7). La cepa con mayor productividad de lípidos, bajo las condiciones ensayadas, fue *UCA-07*, con un valor superior a 100 mg/L día.

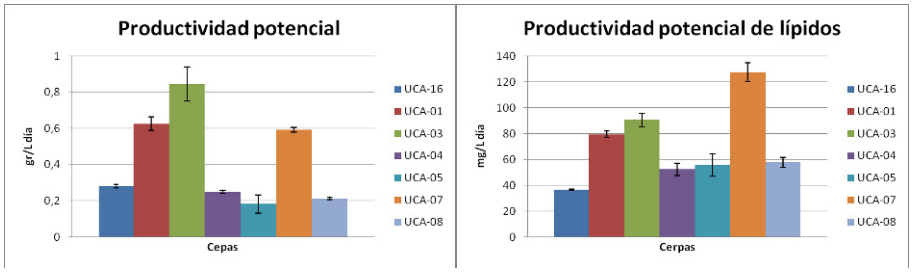


Figura 7: Productividad potencial y productividad potencial en lípidos de la cepas caracterizadas

3. Conclusiones

El *screening* de cepas, basado en tasas de crecimiento, contenido en lípidos y adecuación a las condiciones climatológicas locales, puede considerarse una actividad básica para la utilización de microalgas en la obtención de biodiésel. Aplicando los criterios citados, los resultados obtenidos en este trabajo, orientado a la selección de cepas de alto rendimiento en la producción de lípidos en el

entorno local de la provincia de Cádiz, permiten proponer varias de las cepas aisladas y caracterizadas como potenciales candidatas para este objetivo.

La cepa *UCA -07* presenta unas productividades muy altas, siendo la microalga con mayor productividad potencial de lípidos (127,45 ± 7,27 mg/L día) del conjunto de cepas caracterizadas (Fig.7). La cepa *UCA-03* presenta la más alta tasa de crecimiento y registros altos de productividad potencial de biomasa y de lípidos (Fig. 4 y 7). En cuanto al contenido en lípidos totales en porcentaje de peso seco (Fig. 6), es la cepa *UCA-05* la que presenta el valor más elevado, en torno a un 34 %, seguida por *UCA-04, UCA-07 y UCA-08,* con contenidos entre el 20-25%, valores dentro de la media deseable en organismos oleaginosos destinados a la producción de biodiésel [2].

Así, se concluye que son las cepas *UCA-07*, por su muy elevada productividad potencial de lípidos, *UCA-03*, por su alta tasa de crecimiento y productividad potencial, y *UCA-05*, por sus elevados valores de porcentaje de lípidos totales en fase exponencial, las estirpes de agua dulce que muestran mejores aptitudes para la producción de biocombustible en las condiciones ensayadas.

Agradecimientos
Esta investigación ha podido llevarse a cabo gracias al contrato establecido con Biotecnología de Microalgas S.L., a través del proyecto singular estratégico (PSE) del Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN, proyectos PSE-440000-2008-2 y PSE-440000-2009-016).

Referencias.

[1] H. Xu, X. Miao, Q. Wu, "Biodiesel production from heterotrophic microalgal oil", Bioresour. Technol. 97, 2006, páginas (pp. 841-846).

[2] Y. Chisti, "Biodiesel from microalgae", Biotechnol. Adv. 25, 2007, páginas (pp. 294–306).

[3] E.W. Becker, "Microalgae: biotechnology and microbiology", Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1994.

[4] J. Sheehan, T. Dunahay, J. Benemann, P. Roessler, "A look back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae". Close-Out, National Renewable Energy Lab, Department of Energy, Golden, Colorado, U.S.A, Report number NREL/TP-580-24190, 1998.

[5] M. J. Griffiths, S.T.L. Harrison, "Lipid productivity as a key characteristic for choosing algal species for biodiesel production", J. Appl. Phycol. 21, 2009, páginas (pp. 493-507).

[6] M. A. Borowitzka, "Algal biotechnology products and processes—matching science and economics", J. Appl. Phycol.4, 1992, páginas (pp.267–279).

[7] R. J. Porra, W. A. Thompson, P. E. Kriedemann, "Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy", Biochimica et Biophysica Acta, 1989, páginas (pp. 348-394).

[8] A. L. Wellburn, "The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoides, using various solvents with spectrophotometers of different resolution", J. Plant Physiol. Vol. 144., 1994, páginas (pp. 307-313).

[9] E.G Bligh., W.J. Dyer, "A rapid method for total lipid extraction and purification", Can. J. Biochem. Physiol. 37, 1959, páginas (pp.911-917).

[10] P. Bourrelly, "Les algues d´eau douce", Éditions N. Boubée & Cie, Paris, Tome I (1966), Tome II (1968).

On the Role of SiC Power Devices for Photovoltaic System

Tarek Ben Salah[1,2] and Eduardo Romero Bruzón[3]
1. University of Carthage, ESTI, 45 Rue des Entrepreneurs, 2035 Tunisia. Tarek.bensalah@insalien.org
2. University of Tunis El Manar-ENIT-L.S.E. BP 37-1002 Tunis le Belvédère, Tunisia.
3. Universidad de Cadiz, Escuela Superior de Ingeniería, c/Chile 1, 11002 Cádiz, eduardo.romero@uca.es

Abstract- High efficiency, robustness and reliability among other are qualities that design engineers are always looking for in photovoltaic (PV) systems. Even if they are difficult to obtain altogether, engineers use the art of trade-offs to approximate them as much as possible. Actually, high efficiency, high reliability and robustness are possible using new SiC power devices. Moreover, many other system aspects as cost and volume can as well profit from the attractive characteristics of such devices. This paper explains, therefore, the advantage of SiC devices in PV system compared to the commercial one. The state-of-art of SiC devices benefit in PV system is briefly evoked and a new SiC JFET simulation and modeling are presented. With the purpose of exhibiting the enhancement in PV system performance, an analysis between SiC PV system and silicon based one is presented and discussed for reliability, compactness and efficiency point-of-view.

Keywords: Photovoltaic systems, SiC, compactness, high efficiency.

1. Introduction:

Actuellement la haute fréquence, la haute tension, la haute température et notamment le coût et la compacité de systèmes photovoltaïques constitue un réel défi. Cependant, les dispositifs en silicium sont arrivés à leurs limites physiques en termes de fréquence de commutation (typiquement <1 KHz), de tenue en tension (<6.5KV), et de température (<125 ° C) [1]. Le carbure de silicium (SiC) est une solution alternative, en effet il est caractérisé par: un champ électrique (10×), une conductivité thermique (3×), et une vitesse de saturation (2×) comparé au semi-conducteur type silicium [2] (figure 1). Ces atouts permettent le fonctionnement à haute tension, avec une faible résistance à l'état passant, et une diminution des pertes en commutation, avec une robustesse à haute température. Autre que sa robustesse, l'efficacité énergétique des systèmes à base de SiC et notamment l'optimisation du rendement sont des atouts supplémentaires de cette nouvelle technologie [2-3]. En effet, tous ces avantages sont particulièrement intéressantes lorsqu'ils sont appliquées dans les systèmes de convention d'énergie photovoltaïques (tableau 1) [4, 5].

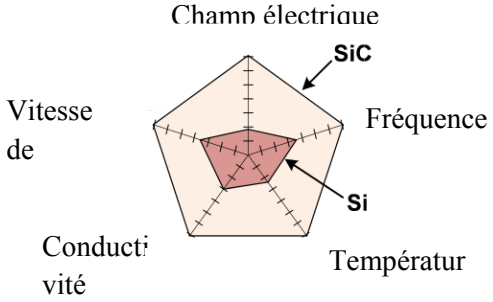


Figure 1. Comparaison entre les caractéristiques du silicium et le carbure de silicium.

L'objectif de ce papier est de présenter la contribution de la technologie SiC dans les systèmes photovoltaïque (PV). L'état de l'art sur les avantages de cette technologie en termes de fréquence, pertes et robustesse à haute température est présentée. Le composant testé étant le JFET SiC. Ce dispositif a été caractérisé en statique et en dynamique par des séries de commutation sur une charge RL. Un nouveau modèle a été aussi présenté et validé expérimentalement.

Tableau 1. Etude du rendement d'un onduleur triphasé à base de silicium (IGBT) par rapport à un système en technologie SiC (JFET) [4].

Puissance (W)	**2000**	**3000**
module PV SiC-JFET (48kHz)	97.4	97.8
module PV Si-IGBT (16kHz)	96	96.5

2. Les performances du SiC en terme de rendement :

Le carbure de silicium offre une potentialité intéressante en termes de réduction des pertes. A haute température les pertes deviennent plus importantes et dégradent les performances du système. La littérature a montré que les pertes en commutation pour les dispositifs en carbure de silicium sont presque indépendantes de la température contrairement aux composants en silicium. En effet, l'utilisation du carbure de silicium aboutit à un gain d'environ 20% sur les pertes en commutation.
Le tableau 2 présente le rendement de deux types de convertisseurs. Le convertisseur hybride Si/SiC apporte par exemple un gain significatif en terme de rendement par rapport au convertisseur Si (⁓4%) à 150V et 250W et de (⁓2%) à 200 V, 440 W. Il est important de noter que pour les modules photovoltaïques électroniques le gain est un facteur capital pour l'efficacité énergétique du système.

Tableau 2. Gains de convertisseurs hybrides Si/SiC face à des convertisseurs "tout silicium".

Tension de bus continu	**150V**	**200V**
Puissance de la charge	250W	440W
Rendement de convertisseur hybride Si/SiC	96,3%	97,5%
Rendement de convertisseur Si	92,7%	95,5%

2.1. Le fonctionnement à haute fréquence :

Parmi les avantages des interrupteurs de puissance en carbure de silicium on site les faibles pertes en commutation comparées à celles des IGBT en technologie silicium, de même calibre en courant/tension. Par conséquent, il est alors possible d'augmenter la fréquence de commutation des systèmes photovoltaïques, où la plupart de l'électronique de traitement de l'énergie des modules photovoltaïques qui présente des puissances inférieures à 30kWpeak fonctionnant à 16 Khz. Pour augmenter la fréquence, la première option est d'utiliser la même inductance que celle des systèmes classiques mais avec une réduction de flux et par conséquent la réduction significative des pertes (l'équation de Steinmetz). Une autre option est de réduire la taille du noyau, permettant une solution compacte et rentable avec moins de pertes dans les enroulements. Mais dans ce cas, les pertes seraient beaucoup plus importantes à cause des pertes spécifiques dans le noyau, pertes par volume, qui augmentent exponentiellement avec la fréquence de commutation selon Steinmetz. En revanche un compromis doit être étudié dans ce sens. Malgré ces avantages, la haute fréquence (les forts dv/dt et di/dt) engendre des problèmes liés à la compatibilité électromagnétique qu'il faut aussi les étudier durant la phase de conception des convertisseurs PV.

2.2 Etude thermique :

Pour réduire le coût et le volume de l'électronique de traitement de l'énergie des modules photovoltaïques, nous proposons la diminution de la taille des systèmes de refroidissement. Cette optimisation est permise grâce aux caractéristiques physiques supérieures du carbure de silicium comme la conductivité thermique et également la dépendance inférieure des pertes en fonction de la température. Bien souvent citée comme un avantage majeur, la possibilité de fonctionner à des températures de jonction très supérieures est, d'autre part, un point à étudier avec une attention très particulière surtout de point de vue robustesse des circuits voisins.

Dans ce contexte, le tableau 3 montré que l'utilisation des composants de puissance en carbure de silicium dans les convertisseurs permet un gain spectaculaire en termes de réduction du poids et du volume du système [6]. Par exemple, l'utilisation du convertisseur à base de SiC amène à une réduction de trois fois le volume et le poids du radiateur par rapport aux convertisseurs en silicium. Le volume du radiateur peut être réduit de 1998 cm^3 à 606 cm^3 pour un convertisseur en SiC comparé à celui en Si. Un convertisseur en carbure de silicium peut ainsi apporter un gain de 10 fois en termes de compacité du système (intégration) comme illustré dans le tableau 3.

Tableau 3: Etude comparative en termes de compacité des convertisseurs SiC et Si [6]

	Volume du radiateur (l)	**Masse de radiateur (Kg)**	**Produit (Volume × Masse) (l.Kg)**
Convertisseur Si	2	5.4	10.8
Convertisseur SiC	0.6	1.65	1

2.3 Les niveaux de tension et la conception des systèmes de traitement d'énergie :

La tension d'un générateur photovoltaïque est principalement définie par le type d'association et le niveau de puissance du système considéré. En générale, des tensions de plus en plus élevées sont préférables car cela permet une réduction du diamètre des câbles (des connectiques) et permet également des pertes en conduction inférieure, ce qui est particulièrement intéressant à haute tension. Actuellement, la tension maximale autorisée des systèmes est normalisée à 1000 V. Alors que le calibre en tension des interrupteurs de puissance disponible dans les convertisseurs PV est de l'ordre de 1200 V. Actuellement plusieurs études sont néanmoins en cours pour augmenter cette limite à 1500 V [2] ce qui implique par conséquent la nécessité d'employer des interrupteurs à 1700 V ou plus. Une autre solution est aussi d'étudier la topologie multi-niveaux qui reste compliquer avec un coût élevé. La perspective proposée est alors l'utilisation des interrupteurs en SiC qui présente de faibles pertes même à des niveaux de tension plus élevés. En utilisant des composants en carbure de silicium les topologies multi-niveaux pourraient être substituées par des ponts à deux-niveaux triphasé simple, ce qui permettrait une réduction du coût et de la complexité du système.

3. Le transistor JFET SiC

Classiquement, les JEFT ont été utilisés dans les applications hautes fréquences basse tension. Ils ne sont pas introduits dans les applications de puissance que récemment avec l'utilisation de carbure de silicium (SiC). Les JFET SiC sont des interrupteurs de type normalement passant qui présentent plusieurs avantages en termes de compromis haute tension/ haute fréquence. Afin d'obtenir une conception fiable du système, il est conseillé d'éviter l'association directe de tels dispositifs afin d'éviter les problèmes de court-circuit puisque les dispositifs de protection ne sont pas assez rapides pour éviter ce genre de problèmes.

La figure 2 montre la classification du JFET SiC en termes de puissance et de fréquence par rapport aux thyristors, IGBT, MOSFET,…en silicium. Le JFET présente une fréquence de commutation plus élevée que l'IGBT et comparable à un MOSFET de puissance. Le JFET-SiC présente aussi des puissances de fonctionnement proches à celles du thyristor.

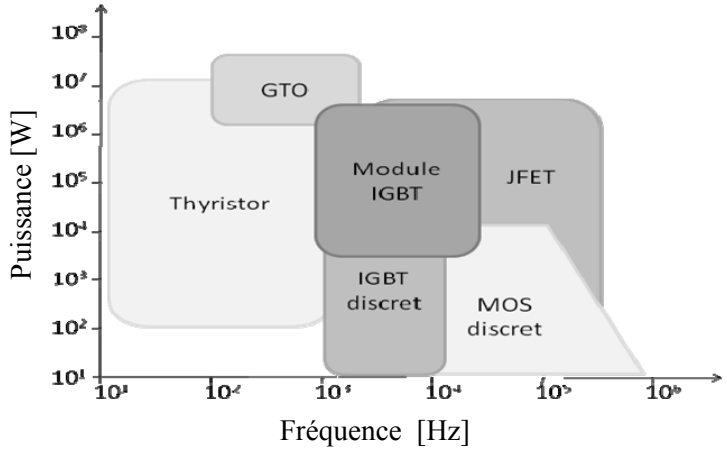


Figure 2. Classification puissance/fréquence du JFET SiC, du MOSFET Si, de l'IGBT Si, .

3.1 La structure interne du JFET-SiC de SiCED

La structure interne du JFET SiC de SiCED est constituée essentiellement d'un canal horizontal entre grille et source et un canal vertical entre les deux régions dopées P^+ de la source. Il présente aussi une couche épitaxiale, c'est-à-dire, une zone faiblement dopée N^- entre substrat et la zone de diffusion P^+ [7, 8] (Figure 3).

telle que N_{DL} est la concentration de dopage dans le canal horizontal, L est la longueur du canal horizontal, b est la largeur du canal horizontal, h est la longueur du canal vertical, 2a est la largeur du canal vertical, N_{DV} est la concentration de dopage dans la couche épitaxiale et dans le canal vertical, W_{Drift} est la largeur de la couche épitaxiale, L_{Drift} est la largeur de la cellule active, W_{Sub} est la largeur de la région de substrat N^+, Z est la largeur du composant.

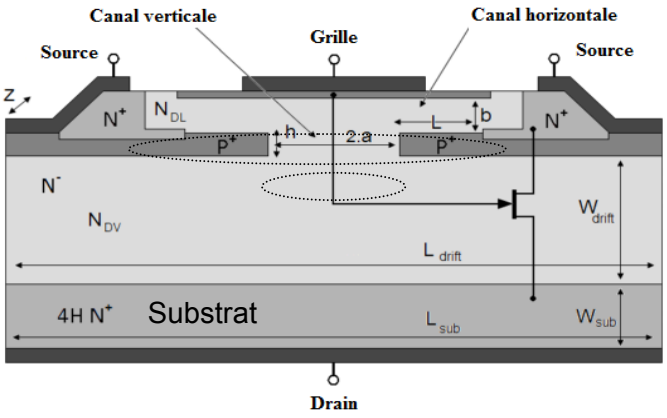


Figure 3. Structure interne du JFET de SiCED [7, 8]

3.2 Modèle statique du JFET SiC

Dans un travail précédant [7, 8], nous avons montré que le modèle SPICE n'est pas précis et qu'il est possible d'utiliser un modèle à deux transconductances pour simuler correctement le comportement

électrique du JFET. Le modèle proposé intègre deux transconductances K_{plin} et K_{psat} ou K_{plin} est utilisé pour modéliser la résistance du canal dans la zone ohmique et K_{psat} pour la résistance de la zone de saturation du modèle [7] (tableau 4).

Tableau 4. Les équations du model du JFET SiC.

Equation	modèle	Description
(1)	$I_{DS} = K_{plin}\dfrac{(V_{GS}-V_T)V_{DS} - K_{plin}/2\,K_{psat}V_{DS}^2}{[1+\theta(V_{GS}-V_T)]}(1+\lambda V_{DS})$ Si $V_{DS} \le (V_{GS}-V_T)\,K_{psat}/K_{plin}$	Statique direct (ohmique)
(2)	$I_{DS} = K_{psat}\dfrac{(V_{GS}-V_T)^2}{2[1+\theta(V_{GS}-V_T)]}(1+\lambda V_{DS})$ Si $V_{DS} > (V_{GS}-V_T)\,K_{psat}/K_{plin}$	Statique direct (zone du courent de saturation)
(3)	$I_{DS} = K_{plin}\dfrac{(V_{GS}-V_T)V_{DS} - K_{plin}/2\,K_{psat}V_{DS}^2}{[1+\theta(V_{GS}-V_T)]}(1+\lambda V_{DS})$ Si $V_{DS} \ge V_S$	Statique inverse (ohmique)
(4)	$I_{DS} = \zeta K_{plin}\dfrac{(V_{GS}-V_T)V_{DS} - K_{plin}/2\,K_{psat}V_{DS}^2}{[1+\theta(V_{GS}-V_T)]}(1+\lambda V_{DS})$ Si $V_{DS} < V_S$	Statique inverse (zone du courent de saturation)

Telle que V_T est la tension de seuil, θ est le facteur de correction permettant de prendre en compte le champ transversal et λ étant le facteur de correction permettant de prendre en compte l'effet de modulation du canal à la saturation.

Le modèle proposé du tableau 4 a été implanté en VHDL-AMS et simulé dans la plateforme SIMPLORER (Figure 4)

.

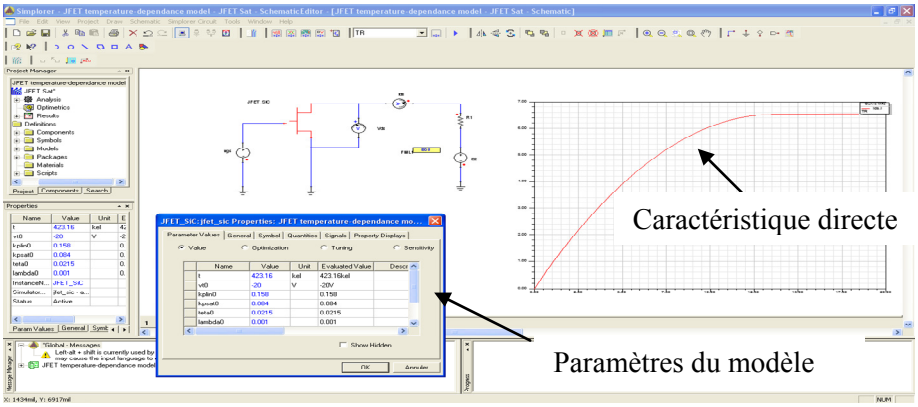


Figure 4. SIMPLORER (VHDL-AMS) simulation du JFET SiC en mode statique. Le modèle implanté étant celui du tableau 4.

Les figures 5 montre une étude comparative entre les résultats de mesures et la simulation en mode statique du JFET SiC (15A/1200V). Après une phase d'ajustement des paramètres du modèle, la simulation représente correctement les mesures pour différentes tensions grille-source dans les zones linéaires et de saturations.

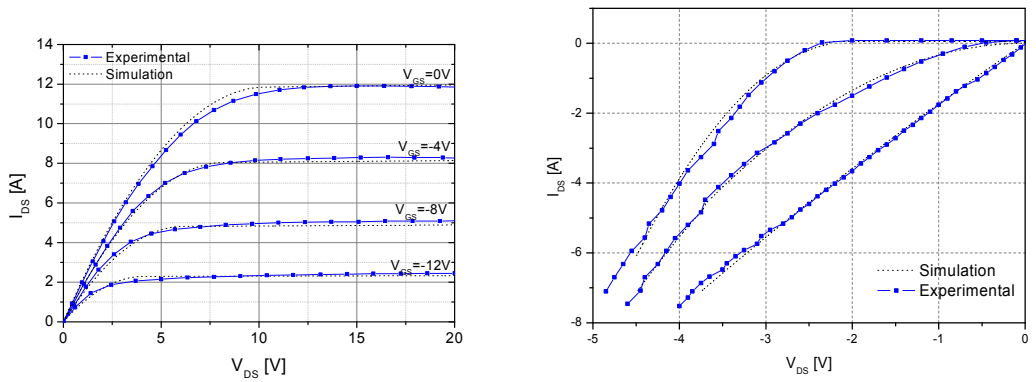


Figure 5. Etude comparative entre les mesures et les simulations du JFET SiC en statique (a) en direct et (b) en inverse.

3.3 Modèle dynamique du JFET SiC

Les caractéristiques dynamiques du JFET peuvent être évaluées à partir de la mesure des différentes capacités entre ses électrodes, source, drain et grille. Dans ce travail, nous mesuré ces capacités à l'aide d'un analyseur d'impédance, HP4194A, qui permet de couvrir une bande de fréquence étendue de 100 Hz à 40 MHz.

Le modèle statique (décrit dans le tableau 4) et dynamique (équations 5) a été écrit en VHDL-AMS et simulé dans la plateforme SIMPLORER.

$$C = \frac{\varepsilon A}{\sqrt{\frac{2\varepsilon(-V + V_{bi})}{qN}}} \tag{5}$$

La validation du modèle du JFET, a été exécutée en commutation sur une charge RL (figure 6). Dans ce circuit, le JFET a été inséré à travers un bus-bar avec un signal de commande qui varie entre 0 et la tension de pincement (tension de blocage). Le circuit RL intègre une résistance série de 100Ω et une inductance L = 42µH. Un shunt (1Ω/2GHz) est également inclus en série avec le dispositif pour les mesures du courant. Deux sondes de tension (Tektronix P6139A) sont connectées en mode différentiel, disposant d'une bande passante de 400 MHz pour les mesures en tension.

Durant la simulation, les éléments du circuit RL et le modèle statique et dynamique du JFET ont été implantés en VHDL-AMS et simulé dans la plateforme SIMPLORER. La figure 7 présente les formes d'ondes (simulation et expérimentales) à l'ouverture du JFET pour une tension drain-source de 100V. L'erreur relative étant faible en termes de paramètres transitoires tels que le courant, la tension maximale et le temps de commutation.

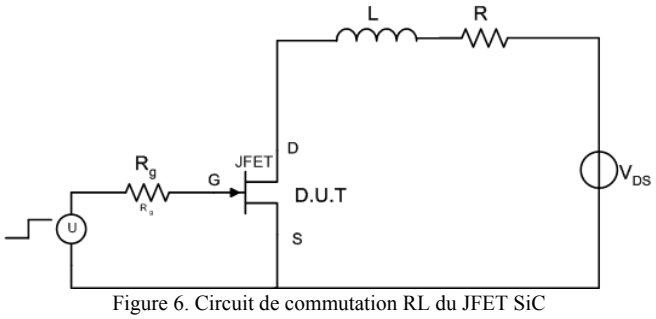


Figure 6. Circuit de commutation RL du JFET SiC

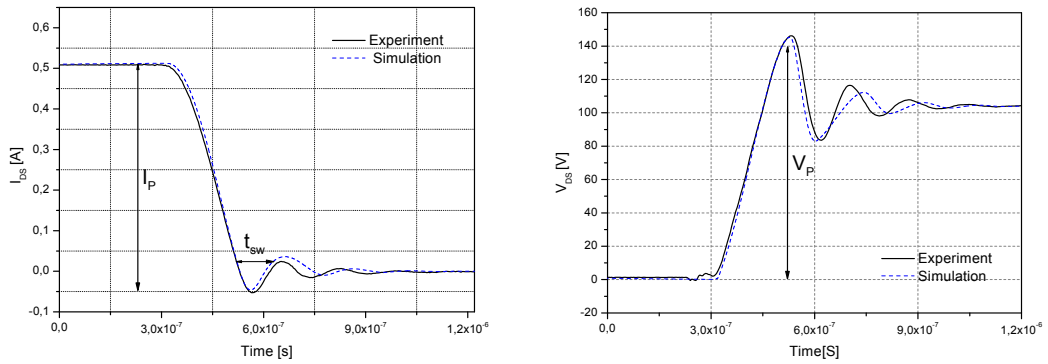


Figure 7. Etude comparative entre les mesures et la simulation de la commutation à l'ouverture du JFET SiC

4. Conclusion.

Le domaine de l'énergie renouvelable (PV, éolienne, …) avec ces exigences particulières offrent un large domaine d'application pour le carbure de silicium et ces interrupteurs comme les JFETs SiC. Ceux-ci peuvent être utilisés à haute tension et à haute fréquences avec une amélioration significative de l'efficacité énergétique du système qui conduit à la possibilité de réduire la taille des composants passifs et par conséquent le coût et le volume du circuit.

Toutefois, la nouvelle limite de fonctionnement de ces composants par rapport aux semi-conducteurs classiques type silicium nécessite des études plus approfondie sur la conception et l'étude de la compatibilité électromagnétique (CEM) et thermique de ces nouveaux systèmes. De nouvelle stratégie sont alors indispensables. Ce travail a présenté alors une contribution à l'étude et à l'investigation de cette nouvelle technologie. Un nouveau modèle a été présenté et validé expérimentalement. Après ces acquis, les perspectives d'un tel travail sont larges : tel que le prototypage virtuel de nouveaux systèmes de traitement d'énergie PV à base de SiC. La fabrication de circuits survolteurs ou abaisseurs étant en cours. La particularité de ces convertisseurs sont les nouvelles limites en tension, fréquence et thermique avec une amélioration de l'efficacité énergétique.

References:

[1] Jun Wang; Xiaohu Zhou; Jun Li; Tiefu Zhao; Huang, A.Q.; Callanan, R.; Husna, F.; Agarwal, A.; 10-kV SiC MOSFET-Based Boost Converter, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol 45, no. 6. 2009.

[2] L. M. Tolbert, B. Ozpineci, S. K. Islam, M. Chinthavali, Wide bandgap semiconductors for utility applications, IASTED International Conference on Power and Energy Systems (PES 2003), Palm Springs, California, pp. 317-321, 2003.

[3] T. Ben Salah, H. Morel, S. Mtimet, Toward SiC-JFETs modelling with temperature dependence, Eur. Phys. J. Appl. Phys. Vol. 52, no. 2, 2010.

[4] Dirk Kranzer, Florian Reiners, Christian Wilhelm, Bruno Burger, System Improvements of Photovoltaic Inverters with SiC-Transistors, Materials Science Forum, 645-648, 2010

[5] Samuel V. Araújo, Benjamin Sahan, Peter Zacharias, Roland Rupp, Xi Zhang, Application of SiC Normally-On JFETs in Photovoltaic Power Converters: Suitable Circuits and Potentials, Materials Science Forum, 645-648, 2010.

[6] Leon M. Tolbert, B. Ozpineci, Syed K. Islam1, Fang Z. Peng, "Impact of SiC Power Electronic Devices for Hybrid Electric Vehicles," 2001.

[7] T. Ben Salah, Y. Lahbib and H. Morel, SiC-VJFETs power switching devices: an improved model and parameter optimization technique, Eur. Phys. J. Appl. Phys.48, 3 (2009).

[8] T. Ben Salah, S. Khachroumi, H. Morel, "Characterization, Modeling and Design Parameters Identification of Silicon Carbide Junction Field Effect Transistor for Temperature Sensor Applications," Sensors Journal 2010, vol 10, no 1, pp 388-399, 2010.

Simulation d'un système hybride dans la région de Tétouan, Royaume du Maroc

Abdelbari Redouane[1], Abdelmajid Elbouardi[1], Taïb Ajzoul[1] ,
Hassan Ezbakhe[1]
*Laboratoire d'Energétique, Faculté des Sciences de Tétouane, Université Abdelmalek Essaadi, BP. 2121, CP. 93000, Tétouan – Maroc, abdelbari04@gmail.com

ABSTRACT. In this paper we present the configuration of a hybrid generation system based on renewable energies for a stand-alone use. The system combines photovoltaic cells, small wind turbine and a battery that ensures storage. The purpose of this system is to meet the load demand of a prototype home designed by the Energy Laboratory of the Faculty of Science of Tetouan, Morocco. Several simulations were performed to verify the hybrid system performance under different scenarios using real weather data.

Keywords: Renewable energy, hybrid system, PV, wind turbine, Morocco

1. Introduction.

Dernièrement un grand développement à petite échelle d'énergies renouvelables telles que les systèmes solaires thermiques ou photovoltaïques, éoliennes, micro hydrauliques, piles à combustible, pompes à chaleur géothermiques a eu lieu. Cela a conduit à une intégration progressive des différentes sources d'énergie, non seulement renouvelables mais aussi non renouvelables, dans les bâtiments. Les premiers exemples de systèmes multi énergies ont été les systèmes isolés d'énergie hybride conçus pour être une alternative à la construction de lignes de puissance dans les régions éloignées des réseaux ou dans le cas où une nouvelle charge est ajoutée. Depuis les années 1990, plusieurs systèmes d'énergie sont également utilisés comme centres de génération distributeurs, en ajoutant leur production d'électricité au réseau général. En règle générale, le terme « système multi énergies » fait référence à la combinaison de deux ou plusieurs convertisseurs (dispositif de conversion) d'énergie et/ou deux combustibles ou plus pour le même convertisseur, permettant, lorsqu'elles sont intégrées, de surmonter les limitations qui seraient inhérentes aux deux prises seules [1]. Ces systèmes, souvent appelés combinés ou hybrides, sont appelés dans ce document comme systèmes multi énergies pour insister sur le fait que, dans ces applications, de multiples convertisseurs d'énergie sont utilisés ensemble pour fournir un ou plusieurs besoins énergétiques, et pour les distinguer des systèmes conventionnels qui sont généralement basés sur une seule source de combustible fossile. Souvent, mais pas nécessairement, au moins un des convertisseurs d'énergie est alimenté par une source d'énergie renouvelable (SER). Le système multi énergies peut être isolé ou raccordé au réseau. Un grand intérêt a été récemment mis également sur les systèmes multi énergies qui sont reliés au réseau. En tout état de cause, le système multi énergies, en particulier lorsque les énergies renouvelables sont intégrées,

nécessite l'adaptation de l'offre locale d'énergie à la demande d'énergie [2]. Une approche intégrée de simulation fait l'objet de ce travail afin de déterminer la combinaison optimale des sources.

2. Le système hydride d'énergie.

Les systèmes hybrides d'énergie (SHE) [3] associent au moins deux technologies complémentaires: une ou plusieurs sources d'énergie classiques, généralement des générateurs diesels, et au moins une source d'énergie renouvelable. Les sources d'énergie renouvelable, comme l'éolienne et le photovoltaïque, qui sont les plus utilisés parmi les différents types des technologies des ressources renouvelables [4], ne délivrent pas une puissance constante. Leur association avec des sources classiques permet d'obtenir une production électrique continue. Les systèmes d'énergie hybrides sont généralement autonomes par rapport aux grands réseaux interconnectés et sont souvent utilisés dans les régions isolées [4].

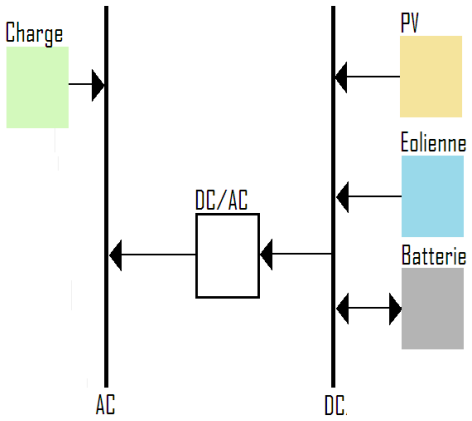


Figure 1: schéma général du système hybride que nous avons étudié

3. Le logiciel de simulation Homer.

HOMER est un logiciel pour la simulation et l'optimisation de systèmes de génération électrique distribuée développé par le National Renewable Energy Laboratory (NREL) [5]. Le modèle doit être renseigné des ressources disponibles, des options technologiques, des coûts et des charges à respecter par le système. Les composantes qui peuvent être modélisées sont des modules photovoltaïques, des éoliennes, des générateurs, des batteries, des convertisseurs AC/DC, des électrolyseurs, des réformateurs, des réservoirs d'hydrogène. Les éléments clés du modèle sont les deux AC et DC bus, auxquels chaque convertisseur doit être lié. Les charges peuvent être saisies en tant que profil de charge quotidien ou importées d'un fichier de données horaires. En tout état de cause, les valeurs horaires des charges doivent être définies pour chacune des 8760 heures d'une année.

En ce qui concerne les composants, des fonctions de coût linéaires sont adoptées et les dimensions des composants à prendre en considération doivent être préalablement prévues afin de réaliser l'optimisation. Le nombre de tailles multiplié par le nombre de composants donne le nombre de configurations de systèmes simulés par le programme.

HOMER est un modèle de séries chronologiques et effectue un bilan énergétique horaire le long d'une année pour chaque configuration de système rentrée par l'utilisateur. Il affiche ensuite la liste des configurations de systèmes triés par le coût actuel net (qui combine le coût en capital - annualisé par l'amortissement du composant au cours de sa durée de vie en utilisant les taux d'actualisation réelle –

et celui de remplacement, fonctionnement et entretien). Des analyses de sensibilité peuvent également être effectuées pour certaines variables (par exemple des coûts de carburant, la vitesse moyenne annuelle du vent).

Enfin, une analyse de contrainte peut également être effectuée au moyen d'un facteur de capacité annuelle limitée à une valeur maximale : si ce paramètre est fixé à 0%, alors le système doit satisfaire les charges tout le temps, alors que s'il est fixé à des valeurs de 1% à 5% des économies considérables en puissance de crête et des différences entre les scénarios optimisés sont obtenus [6].

HOMER est largement utilisé et accepté comme un outil de simulation distribué, tant au niveau national que international. De nombreuses analyses de systèmes énergétiques hybrides ont été effectuées à l'aide de cet outil et ont été publiées sous forme d'articles, en particulier sur la revue « Renewable Energy » : voir par exemple les travaux de Iqbal [7] pour des applications dans les Newfoundland (au Canada), Shaahid et Elhadidy [8] pour les systèmes hybrides photovoltaïques-diesel-batteries, Beccali et al. [9] pour les systèmes SER à hydrogène.

4. Les données météorologiques.

Les données météorologiques ont été recueillies par une station météorologique du Laboratoire d'Energétique de la Faculté des Sciences de Tétouan, Royaume du Maroc. Les données recueillies concernent la période d'avril à décembre de l'année 2010. Le pas d'enregistrement est de 10 min. Un programme informatique a été écrit pour permettre l'import des données et leur manipulation statistique.

4.1. Les données de l'irradiation globale journalière.

Dans dans la figure 2 la comparaison entre l'irradiation globale journalière cumulée calculée et celle effective.

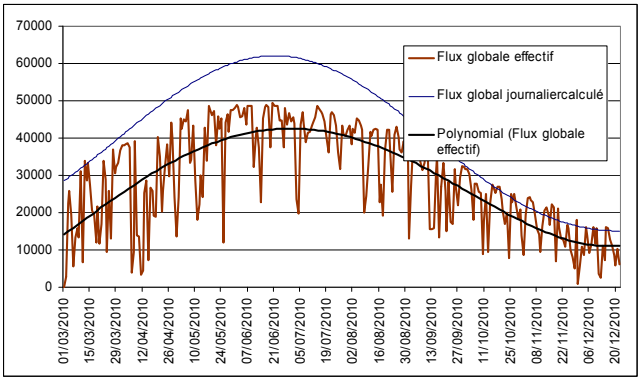


Figure 2: Irradiation globale journalière calculée et effective

Comme elles montrent la figure 2, l'irradiation globale subit des fluctuations intensives, et sa courbe caractéristique s'éloigne considérablement de la courbe calculée. Dans Les figures 3.a et 3.b, les valeurs moyennes et les valeurs horaires de l'irradiation solaire globale pour différents mois.

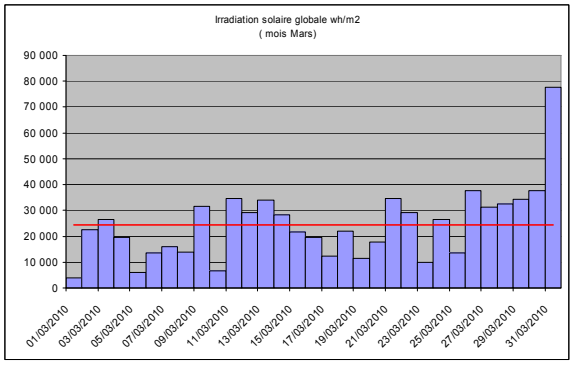


Figure3.a : Irradiation solaire horaire du mois mars

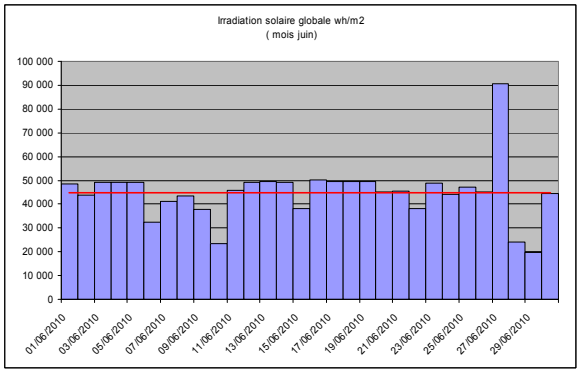


Figure3.b : Irradiation solaire horaire du mois juin

Le tableau 2 récapitule les données de l'irradiation solaire journalières moyenne pour les différents mois de l'année.

Mois	Clearness Index	Irradiation solaire moyenne (kWh/m2/day)
Avril	0.276	2.750
Mai	0.377	4.180
Juin	0.387	4.470
Juillet	0.397	4.480
Août	0.353	3.650
Sepembre	0.317	2.790
Octobre	0.310	2.150
Novombre	0.266	1.430
Décembre	0.210	0.980

Tableau2 : Tableau récapitulatif des données concernant l'irradiation solaire

4.2. Les données de la vitesse du vent.

Les figures 4.a et 4.b présentent les vitesses du vent pour différents mois de l'année 2010.

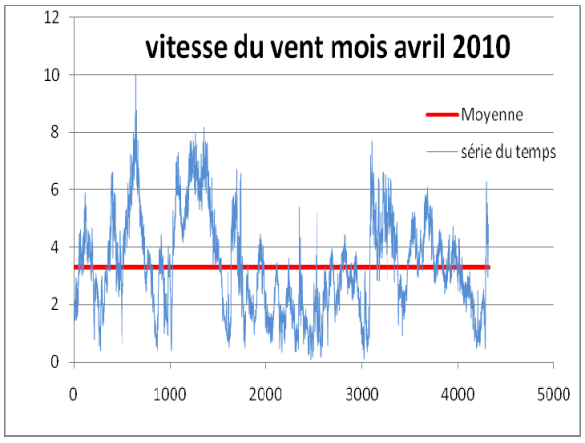


Figure4.a : Vitesse du vent du mois août

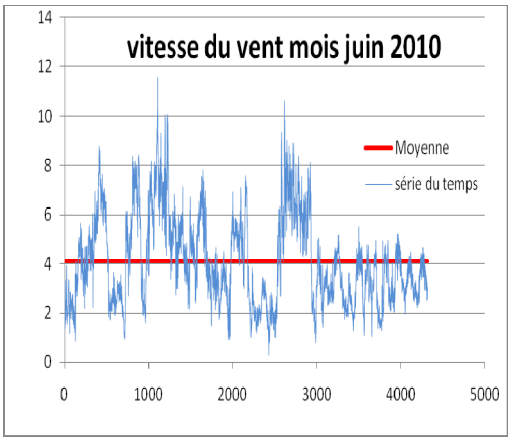


Figure4.b : Vitesse du vent du mois août

Le tableau 3 récapitule les données de la vitesse du vent moyenne pour les différents mois de l'année.

Mois	Vitesse moyenne du vent (m/s)
Avril	3.32
Mai	4.36
Juin	4.09
Juillet	3.78
Août	3.08
Sepembre	3.31
Octobre	3.14
Novombre	3.73
Décembre	3.41

Tableau4 : Tableau récapitulatif des données concernant la vitesse du vent

5. Résultats et discussion.

L'étude de sensibilité nous a permis de simuler des centaines de combinaisons de prix et de configurations. Nous allons dans cette partie présenter en détails un exemple de configuration optimale pour une consommation de 2Kw. Puis nous allons présenter un récapitulatif pour les autres cas.

5.1. Cas d'une consommation journalière de 2Kwh/j.

Dans ce cas, la consommation journalière est faible avec un pic de 380w, la simulation a proposé la configuration avec un champ PV de 2Kw et 9 batteries.

L'étude de sensibilité se base sur le capital et les coûts d'exploitations des unités de production ainsi que la production énergétique annuelle de ces unités. Vu que nous n'avons pas eu des prix officiels, nous avons estimé les prix des installations et les coûts associés à leurs exploitations. Le tableau 6 récapitule les prix des installations et les coûts associés à leurs exploitations.

Total net present cost	$ 7,209
Levelized cost of energy	$ 0.772/kWh
Operating cost	$ 343/yr

Tableau6 : Les prix des installations et les coûts associés à leurs exploitations

Les figures qui suivent présentent les différents résultats associés à l'étude de sensibilité de la configuration optimale pour une consommation journalière moyenne de 2Kwh/j.

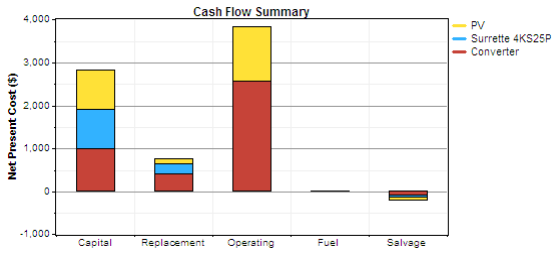


Figure5.a : Graphe récapitulatif du cash flow

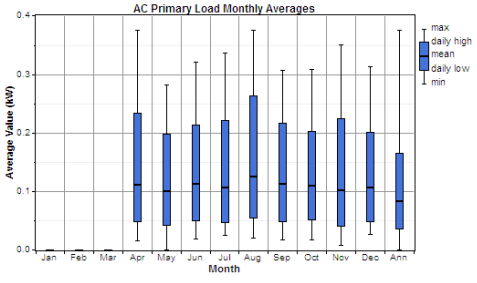


Figure5.b : La puissance moyenne mensuelle consommée

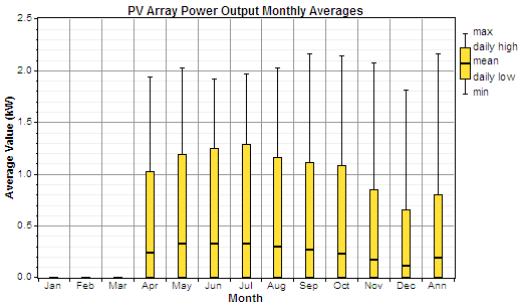


Figure5.c : La puissance moyenne produite par les PV

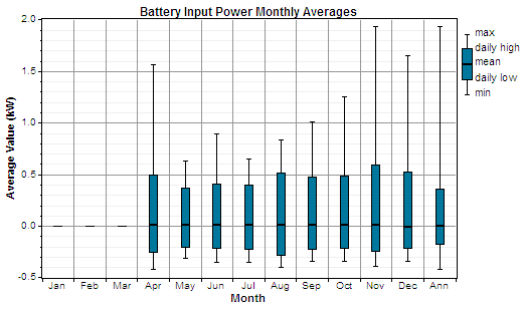


Tableau5.d : La puissance moyenne mensuelle à l'entrée des batteries

5.2. Récapitulatif de l'étude de sensibilité.

Dans la figure 6 nous présentons les configurations optimales en fonction des prix et de l'énergie consommée. Nous remarquons que les prix d'achats des unités de production d'énergie favorisent les PV pour des petites consommations énergétiques, alors qu'à partir de 3Kwh/j l'éolienne devient plus favorable.

Dans la figure 7 nous remarquons que lorsque nous avons augmenté le prix d'achat des batteries de 15%, la configuration optimale devient véritablement hybride pour des consommations supérieures à 8,7 Kwh/d.

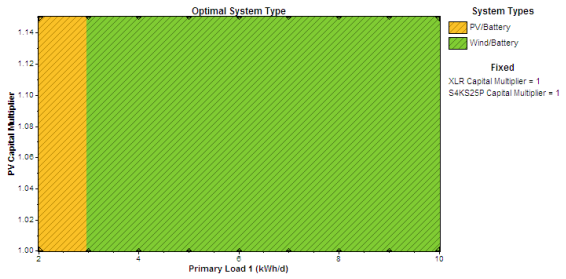


Figure6 : Graphe représentatif des configurations optimales en fonction des prix des PV et de l'énergie consommée

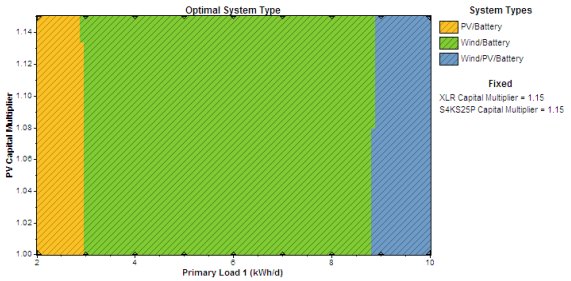


Figure7 : Graphe représentatif des configurations optimales dans le cas d'une augmentation du prix d'achat des batteries de 15%

Le tableau 7 présente un récapitulatif des configurations optimales pour les différentes consommations journalières moyennes. Nous remarquons que pour les différentes configurations le système permet une surproduction de l'énergie. Cela nous permet d'envisager un raccordement actif au réseau électrique, et dans ce cas une autre étude de sensibilité doit être faite mais en prenant en considérations les contraintes du raccordement au réseau électrique.

Primary Load 1	**PV**	**XLR**	**Batteries 4KS25P**	**PV Production**	**Wind Production**	**Tot. Electrical Production**	**AC Primary Load Served**	**Excess Electricity**	**Battery Autonomy**
kWh/d	kW			kWh/yr	kWh/yr	kWh/yr	kWh/yr	kWh/yr	hr

2.000	2.0	0	9	1,723	0	1,723	730	834	246.24
3.000	0.0	2	9	0	9,516	9,516	1,095	8,212	246.24
4.000	0.0	2	9	0	9,516	9,516	1,46	7,767	246.24
5.000	0.0	2	9	0	9,516	9,516	1,825	7,318	246.24
6.000	0.0	2	18	0	9,516	9,516	2,19	6,867	492.48
7.000	0.0	2	18	0	9,516	9,516	2,555	6,414	492.48
8.000	0.0	2	18	0	9,516	9,516	2,92	5,959	492.48
9.000	0.0	2	36	0	9,516	9,516	3,285	5,504	984.96
10.000	0.0	2	36	0	9,516	9,516	3,65	5,054	984.96

Tableau7 : Tableau récapitulatif des configurations optimales pour les différentes consommations journalières moyennes

6. Conclusion.

Dans ce papier nous avons présenté une étude de sensibilité d'un système hybride d'énergie. Nous avons configuré ce système pour produire de l'énergie en utilisant seulement des énergies renouvelables, à savoir l'énergie solaire et éolienne. Pour faire cette étude nous avons utilisé les données météorologiques de la région de Tétouan au nord du Maroc. Les résultats ont permis de simuler plusieurs scénarios de prix d'achats des unités de productions d'énergie, et de la demande. Cette étude à montré que pour des faibles consommations les PV seuls sont la solution optimale, alors qu'à partir de 3Kwh/j les petites éoliennes deviennent plus favorables. Cette à montré aussi que le prix d'achat des batteries joue un rôle important dans la détermination de la solution optimale.

Références

[1] MANWELL J.F. Hybrid energy systems. In: CLEVELAND C.J. (ed.) Encyclopedia of Energy, Volume 3. London: Elsevier, 2004, pp. 215- 229.
[2] CLARKE J.A. Energy simulation in building design. 2nd Ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 2001, 362 pp, ISBN 0 7506 5082 6.
[3] Enrico FABRIZIO, Modélisation des systèmes multi énergies dans les bâtiments, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, thèse de doctorat, Numéro d'ordre 05ISAL, 2008.
[4] Photovoltaic systems; a buyer's guide, Naturals resources Canada, renewable and electrical energy Division, ISBNO-662- 31120-5.
[5] NREL (National Renewable Energy Laboratory). Getting started guide for HOMER version 2.1, April 2005.
[6] GIVLER T., LILIENTHAL P. Using HOMER® software, NREL's micro-power optimization model, to explore the role of gen-sets in small solar power systems. Technical Report NREL/TP-710-36744, May 2005.
[7] IQBAL M.T., A feasibility study of a zero energy home in Newfoundland, Renewable energy, 2004, vol. 29, n° 2, pp. 277-289. ISSN 0960-1481.
[8] SHAAHID S.M., ELHADIDY M.A. Technical and economic assessment of grid-independent of hybrid photovoltaic-diesel-battery power systems for commercial loads in desert environments. Renewable and sustainable energy reviews, 2007, vol. 11, n° 8, pp. 1794-1810, ISSN 1364-0321.
[9] BECCALI M., BRUNONE S., CELLURA M., FRANZITTA V. Energy, economic and environmental analysis on RET-hydrogen system in residential buildings, Renewable energy, 2008, vol. 33, n° 3, pp. 366-382, ISSN 0960-1481.

Second generation biofuels in Algeria

M.A, Aziza[1],
[1] Renewable Energies Development Centre, B.P 62 Route de l'Observatoire, Bouzaréa, Algiers, Algeria,
mazziza@cder.dz

Abstract. Addressing the challenge of global warming and depletion of fossil energy, renewables are a viable alternative. Countries in the developing world, particularly those in Africa are particularly exposed to these problems, as very vulnerable to the effects of climate change. These countries benefit from an important source of renewable energy, which could then be developed to overcome these problems. To do this, this source must be evaluated, operated and promoted in a sustainable manner.

A major source of biomass is available in Africa, it is only used spontaneously for energy production, particularly for cooking, which causes problems of pollution, deforestation and desertification. It is important to develop processing industries in biomass and waste in sustainable ways, such as second generation biofuels and biorefinery for production of bioenergy, in African countries.

Bioenergy is produced from biomass and some waste as heat, electricity and biofuels. These are produced from energy crops and waste. We distinguish biogas, bioethanol, biodiesel, and biohydrogen. However, the so-called first generation biofuels are accused of involvement in the global food crisis. Following the intensive production of bioethanol and biodiesel, there was a conversion of land used for food (corn, wheat, sugar, sunflower oil, palm oil ...). to biofuels. Thus the second generation of biofuels has been developed from new resources such as agricultural waste, non-food energy crops, residues in the food industry, municipal waste, algae ...

With regard to energy crops, biofuel feedstocks, for Algeria, it is not possible to make use of food crops for the production of clean fuels, it could be could then more sense to go back to the second-generation biofuels produced from cellulose and wastes. To this end, an inventory of local raw materials valuable into biofuels, in Algeria, is underway at the Laboratory of Bio-Energy and Environment Division of the Renewable energies development Centre.

Keywords: Bioenergy, Algeria, Local resources.

1. Introduction. Prospects for bioenergy development in Algeria.

All over the world, among the sectors emitting greenhouse gases responsible for global warming, the transportation sector, now account for a quarter of emissions, it could cause a third of them in 2030.

Renewable energy is the best sustainable alternative to the problems of global warming and depletion of fossil energy, for a country like Algeria, which has large deposits renewable. Among these energies, bioenergy is produced as heat, electricity or biofuels, also called agrofuels, depending on the feedstock used.

The use of biofuels as an alternative renewable and cleaner energy seems interesting. It is possible to produce biofuels from energy crops, waste and other biomass, producing, biogas, bioethanol, biodiesel and bio-hydrogen.

Bioenergy has been developed for several reasons, first, the increasing energy demand. This demand, will be more important in developing countries non- OCDE such as Algeria [1]. (Fig 1)

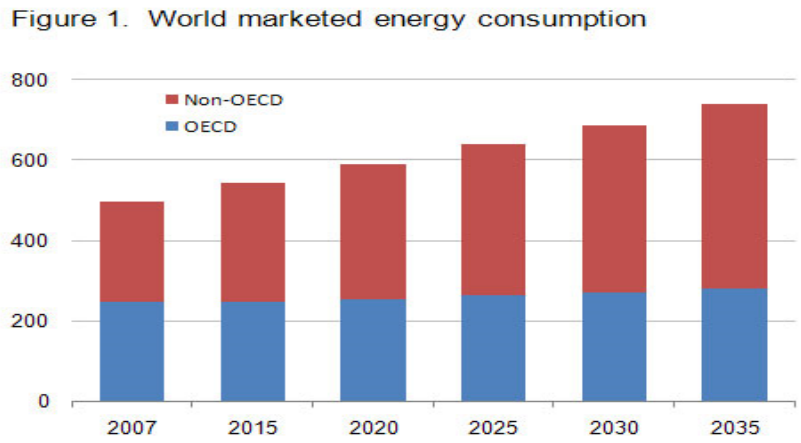


Fig 1: World marketed energy consumption

Source: International Energy Outlook 2010
OECD: Organization for Economic Cooperation and Development

Indeed, following the oil shocks of 1973 and 1978, production of biofuels began to United States and Brazil, from food products surplus such as wheat, maize, sugar cane, for a competitive price per barrel of oil between 60 and $ 100. This Competitiveness will decrease if the demand for biofuels leads to higher prices of agricultural products, what happens with cereals since 2006.

Bioenergy is developed also because it contributes to reducing emissions of greenhouse gas emissions. The amount of CO_2 released during biofuels combustion is equivalent to the amount of CO_2 captured during the growth of plants that are responsible for their production.
In addition, the development of bioenergy in rural areas, allows the creation of jobs, boosting the economy of these areas. Moreover, energy crops used for biofuels production are involved in the fight against desertification in dryland areas.

Biofuel production has evolved considerably in recent years it is expected to grow 350% by 2015.

According to the feedstock used for the production and the technologies used to convert that feedstock into fuel, biofuel technologies can be classified into two groups : first and second generation biofuels. Technologies known as first generation biofuels utilize the sugar or starch portion of plants (sugarcane, cereals, corn, maize) as feedstock to produce bioethanol, and utilize oilseeds crops (rapeseed, sunflower, soybean and palm oil) to produce biodiesel.

On the other hand, technologies called second generation biofuels concern biofuels produced from lignocellulosic biomass or advanced feedstock like microalgae, biofuels produced from microalgae are also called third generation biofuels [2].

The second generation is being developed in order to overcome the problems and inconveniences caused by the production of first generation biofuels. The term "second generation" refers to new technologies and new materials used.

2. Bioenergy development in Africa

In the first high level seminar on biofuels in Africa, Addis Ababa, July 30, 2007, in the speech of Dr. Bernard Zoba, Commissioner for Infrastructure and Energy to the African Commission was told that:

"Heads of State and Government of the African Union adopted a decision requesting the Commissioner of the African Union, to develop policies and strategies for the development of new and renewable energies, particularly biofuels, as alternative to oil, due to rising oil prices and the prospect of exhaustion of fossil fuels eventually.

The continent is endowed with favorable climate for energy crops and has large tracts of undeveloped land. This will ensure growth of the biofuels industry and a guarantee of food security.

Some important concerns must be raised about bioenergy development in Africa. Namely: the use of farmland for food purposes, land degradation, food security could be compromised, the plight of small farmers cope with the powerful companies and damage to biodiversity.

Hence Africa should not be a producer of raw materials, it must benefit from appropriate technology for independent production. "

Biomass as wood waste is used spontaneously and not streamlined for energy production in Africa, especially for cooking. This causes problems of pollution, deforestation and desertification.

To remedy this, currently, many African countries have implemented programs to develop the use of biomass energy in cooperation with organizations from European countries. This is particularly true for BEPITA project, conducted jointly by five European and African partners, including CIRAD.

This project aims to improve the skills of biomass processing and is characterized by two studies, one conducted in dry areas of Burkina Faso, and the other in wetlands in Cameroon, and should allow good access to knowledge and transfer technology to Africa to help local development actors to use the large amount of biomass available in an effective and sustainable way.

3. Prospects for bioenergy development in Algeria

Currently, in Algeria, the development of bioenergy is still at experimental scale in research laboratories. In the development of biotechnology work, the High Commissioner for Research, in 1988, had joined the line of research: Application of biotechnology for enhancement of agricultural and industrial waste for :
- The production of bioethanol,
- The use of biomass for the production of acetone-butano1
- The production of biogas.

In the context of a possible establishment of a development plan of treatment and recovery of waste energy to produce biofuels in Algeria, an inventory of biomass and wastes is needed.
Indeed, a multitude of local raw materials convertible into second generation biofuels is available, such as:

- Local microalgae strains
- Agricultural wastes,
- Waste from food industry
- Wastes of paper industry,
- Energy crops not used for food and already experienced in the Mediterranean region,

Untreated waste have a significant source of pollution, including landfills, sanitary landfills, industrial discharges ... To this end, development of GHG (greenhouse gas) emitted from these wastes for energy (in the form of biogas) should be considered.

With regard to energy crops, biofuel feedstocks, for Algeria, it is not possible to make use of crops for human food or animal for the production of clean fuels. Some examples of energy crops are: cardoon, brassica carinata, Ricin, panicum virgatum, opuntia…
It would be wiser to turn to the second and third generation biofuels produced from cellulose, waste, and algae. Especially since local micolgae strains have been isolated from watercourses, in south region, these strains are experienced at laboratory scale for characterization and biofuels production. Dates fruits wastes have been also experienced to produce bioethanol.

Recovery of waste for the production of biofuels is very interesting, however, with regard to energy crops, should be taken into consideration the fact that they should not require significant amounts of water and must occupy land that are not intended for food crops.
For Algeria, the second and third generations biofuels are a good alternative energy for rural areas that require a decentralized energy source. Especially where the raw material is available to allow the installation of small production units, which will ensure local input into fuel.

If this is associated in addition to the removal of a waste or a pollutant annoying, which would thus serve as raw material for production of clean fuel, it will have a double impact on the protection of the environment. It will then be considered as a waste treatment and a participation to greenhouse gases emission reduction, caused by burning fossil fuels.

4. Conclusion.

However, the production of biofuels, in Algeria, should not lead to adverse impacts on the social, economic and ecological. Otherwise some legitimate concerns are raised like land degradation, food security compromised, loss of biodiversity, and impacts on human health.

A good supply of adequate raw materials and development of the manufacturing process of second and third generations biofuels is needed to make this energy competitive to fossil fuels in terms of cost.

It is clear that for Algeria in this field, technology transfer is necessary, and the mastery of techniques for producing second generation biofuels should be supported also in research laboratories.

References

[1] International Energy Outlook 2010

[2] Timilsina GR, Shrestha A, How much hope should we have for biofuels?, Energy (2010), doi:10.1016/j.energy.2010.08.023.

Producción de biogás a partir de digestión anaerobia de cosetas de remolacha.

Jiménez-López, M.; Pérez, M.; Solera, R.

Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales (CASEM). Universidad de Cádiz. Pol. Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España.

marta.jimenezlopez@uca.es

Abstract.

The objective of the present paper has been to study of biodegradation of both pretreated and untreated sugar beet pulp to determine the potential of biogas production and methane. This study was performed using a battery of bath reactors. The inoculum used in both cases is mesophilic digested sludge 5% (w/w). The biodegradation of pretreated and untreated sugar beet pulp were 75% DOC and 65% DOC, respectively, as percentage removal of organic matter. The production of methane was 3.6 L CH_4 and 3.4 L CH_4 for the pretreated and untreated cases, respectively. The main conclusion of this study is that there isn't effect of the biological pretreatment with mature compost on mesophilic anaerobic digestion of sugar beet pulp.

Keywords: biodegradation, batch, mesophilic, sugar beet pulp.

1. Introducción.

En la actualidad, España cuenta con una gran variedad y cantidad de residuos agroindustriales que requieren alternativas de reciclaje sostenibles. Se estima que España genera 83,5 millones de t/año de subproductos agroalimentarios generándose 8.000 millones de toneladas de m^3/año de biogás a partir de estas materias primas (PSE PROBIOGÁS, 2008). Los usos del biogás son múltiples pudiéndose emplear como combustible para vehículos o pilas de combustible siendo el uso más habitual la producción de calor y electricidad.

La producción de biogás a partir de residuos agroindustriales supone, hoy en día, una alternativa a la energía convencional. En este sentido, la finalidad de este estudio se relaciona con la determinación del potencial de generación de biogás de la coseta de remolacha, analizando las ventajas que supone la aplicación de pretratamientos biológicos en la producción de gas y velocidad de biodegradación del residuo.

2. Desarrollo del problema.

2.1. Objetivo.

El objetivo de este estudio es analizar el potencial de producción de biogás y/o metano de las cosetas de remolacha tanto cuando se someten a pretratamiento biológico como cuando no se realiza pretratamiento previo. En base a los resultados experimentales obtenidos en estudios previos, se ha optado por someter al residuo a una digestión previa con compost maduro.

2.2. Material y métodos.

Los residuos de coseta de remolacha empleados proceden de la industria Azucarera Ebro del municipio de Jerez de la Frontera. El inóculo empleado es lodo mesofílico digerido, procedente de la EDAR "Guadalete" de Jerez de la Frontera al 5% (p/p). Para llevar a cabo el pretratamiento con compost maduro se ha ajustado el residuo a un 5% de Sólidos Totales (ST) mediante la adición de agua. El porcentaje de inóculo utilizado ha sido el 5% en peso y el tiempo de contacto es 24h.

Para la realización del ensayo se ha empleado una batería de 5 reactores anaerobios agitados. Cada reactor dispone de una capacidad total de 2 litro (1,5 l de volumen útil) en los que se ha estudiado, por duplicado, la biodegradabilidad de las cosetas de remolacha pretratadas y sin pretratar. El pH se ha mantenido en un rango 7,5-8 corrigiéndose con NaOH (10M) en caso necesario. Estos ensayos se han mantenido activos durante un periodo de 8 semanas. El seguimiento analítico ha sido: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Carbono Orgánico Disuelto (COD), Sólidos Volátiles (SV) , biogás y Ácidos Graso Volátiles (AGV).

2.3. Resultados y discusión.

Los resultados de biodegradabilidad obtenidos en cuanto a eliminación de SV, DQO y COD (%) se muestran en la Tabla 1.

	Eliminación de materia orgánica (%)		
Reactor	**SV**	**DQO**	**COD**
Coseta pretratada	58	77	65
Coseta sin pretratar	53	82	75

Tabla 1. Porcentajes de eliminación de materia orgánica.

Según se presenta en la Tabla 1 el comportamiento es similar para las cosetas pretratadas y sin pretratar.

La Figura. 1 muestra la evolución temporal de la producción de metano (CH_4) en el transcurso del ensayo. La curva del residuo pretratado con compost maduro indica que la metanogénesis comienza a partir del día 22 y se estabiliza en el día 40. Se aprecia la presencia de una doble "S" pudiendo estar ligado a que los microorganismo degradan, en primer lugar, la materia fácilmente degradable (carbohidratos) y, posteriormente, la materia difícilmente hidrolizable (proteínas y lípidos). En el residuo no pretratado la metanogénesis comienza a partir del día 26 y se estabiliza en el día 45.

También se aprecia en la curva del residuo sin pretratar la presencia de una doble "S". La producción de metano en el residuo pretratado es similar respecto al residuo sin pretatar, 0,16 LCH_4/gSV y 0,17 LCH_4/gSV respectivamente.

Por tanto, en base a los resultados obtenidos se puede comprobar el escaso efecto que tiene el pretratamiento sobre la biodegradabilidad anaerobia mesofílica de las cosetas de remolacha, alcanzándose un 65% de eliminación de COD de las cosetas pretratadas frente a un 75% de eliminación de COD de las cosetas sin pretratar.

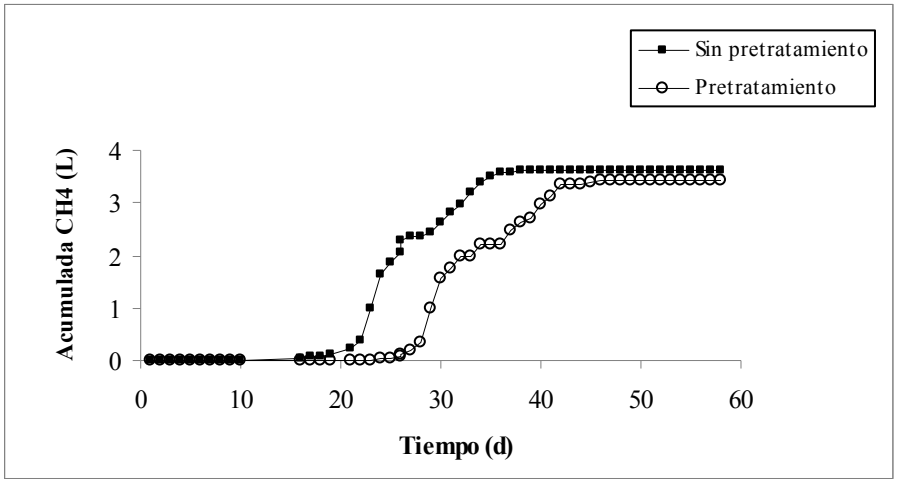


Figura 1. Evolución temporal de CH4 acumulado.

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran la evolución temporal de los AGV mayoritarios (Acético, Propiónico y Butírico). En ambos estudios se aprecia un comportamiento similar: una etapa inicial de hidrólisis (días 8-10) seguida de una etapa acidogénica en la que se produce acumulación de ácidos, principalmente acético superando en ambos casos, 100.000 mg/L. Esta concentración se reduce drásticamente al final del ensayo por debajo del límite de inhibición 4000 mg/L (Stafford, 1982; Ahring et al. 1995). La mayor tasa de generación de metano se produce en el momento en que se consume la mayor cantidad de AGV en el sistema (periodo 25-35 días) coincidiendo, asimismo, con el mayor consumo de materia orgánica.

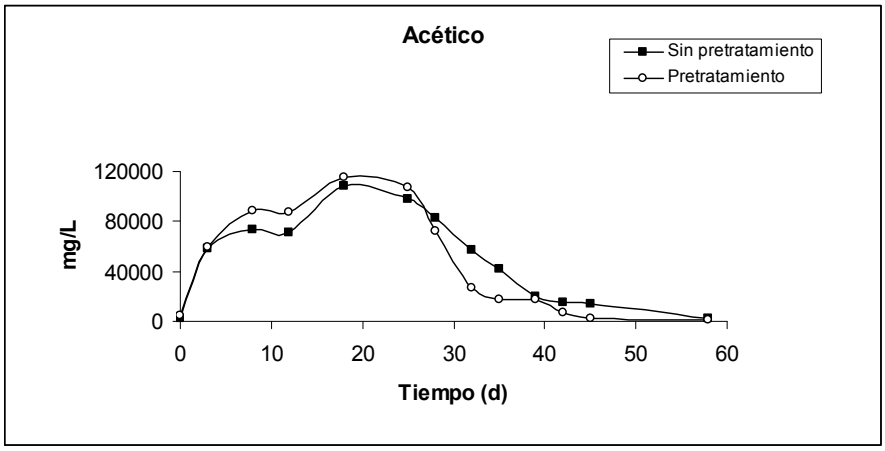


Figura 2. Evolución temporal del ácido acético

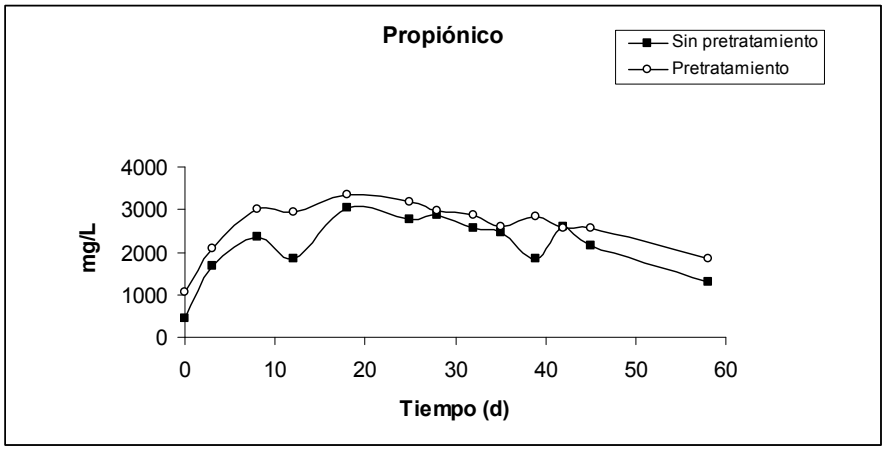


Figura 3. Evolución temporal del ácido propiónico

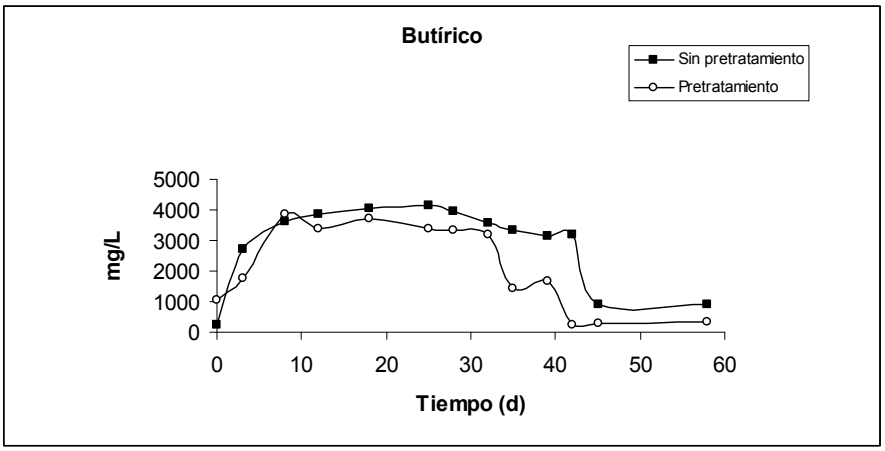


Figura 4. Evolución temporal del ácido propiónico

3. Conclusiones.

El estudio de biodegradabilidad de las cosetas de remolacha demuestra el escaso efecto del pretratamiento biológico con compost sobre las mismas. Por tanto, no se justificaría su aplicación como pretratamiento biológico efectivo.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (PROBIOGÁS Proyecto PS-120000-2007-6) y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

PROYECTO COFINANCIADO POR LA UNIÓN EUROPEA
FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL

Referencias

[1] Stafford, D.A. "The effects of mixing and volatile fatty acid concentrations on anaerobic digester performance". Biomass. Vol. 2, pág. 43-55. 1982.

[2] Ghaem, K.M; El-Refai and El-Gazaerly."Methane production from beet pulp". Resources, Conservation and Recycling, 6-267-275. 1992.

[3] Weiland, P.One- and two-step anaerobic digestion of solid agroindustrial residues". Water Sci. Technol. 27: 145–151. 1993.

[4] Ahring, B.K, Sandberd, M. Anegelidaki, I. Volatile fatty acids as indicators of process imbalance in anaerobic digestors". Applied microbiological Biotechnology. Vol. 43 (3), pag.559-565. 1995.

[5] Spagnuolo M, Crecchio C, Pizzigallo MDR & Ruggiero P. "Synergistic effects of cellulotic and pectinolytic enzymes in degrading sugar beet pulp". Biores. Technol. 60: 215–222. 1997

[6] Hutnan, M.; Drtil, M. and Mrafkrova, L."Anaerobic biodegradation of sugar beet pulp". Biodegradation. 11:203-211. 2000.

[7] Fernández-Güelfo, L.A. "Caracterización cinética de la degradación termofílica seca de la FORSU. Efecto de diferentes pretratamientos sobre la biodegradabilidad del residuo. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 2008.

[8] De Vicente Ruiz, A. "Estudio de la capacidad hidrolítica del compost como pretratamiento en procesos de biometanización". (D.E.A). Universidad de Cádiz. 2008.

Solubilización de la materia orgánica de residuos agrícolas (cosetas de remolacha) a partir de pretratamientos biológicos mesofílicos.

Jiménez-López, M.; Pérez, M.; Solera, R.

Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales (CASEM). Universidad de Cádiz. Pol. Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España.
marta.jimenezlopez@uca.es

Abstract.

The present study evaluates the effect of applying the biological pretreatment of agricultural residues, sugar beet pulp. The aim is to accelerate the rate of hydrolysis and maximize the biodegradability of the waste. In this study uses biological pretreatment inoculating the waste activated sludge WWTP taking as variable aeration study. Accepting the results of this study considers a new biological pretreatment with mature compost and operated without aeration. To compare both pretreatments the solubilization of organic matter was measured as DOC and COD. The biological pretreatment with mature compost without aeration and in mesophilic (35ºC) allows a higher organic matter removal (34.3% DOC and 35.5% COD) from the pretreatment with activated sludge inoculated with aeration (8.7 % DOC and -0.7 % COD) and without aeration (14.73% DOC and 36.5 % COD).

Keywords: pretreatment, solubilization, mesophilic, sugar beet pulp.

1. Introducción.

El cultivo de remolacha es, hoy en día, uno de los cultivos más utilizados gracias a su alto contenido en sacarosa, haciendo posible la producción de bioetanol. El empleo de este combustible en los vehículos supone una alternativa al empleo del petróleo. La remolacha una vez procesada produce, aparte de azúcar y etanol, residuos que posteriormente deben tratarse ya que, de lo contrario, pueden ser perjudiciales para el medio ambiente. Hasta la obtención final del azúcar, la remolacha es sometida a una serie de procesos en los que los restos resultantes de este tratamiento se convierten en coseta de remolacha (parte de la raíz) y melaza (parte del desecho de producción). Según el Anuario Agrario 2010, COAG, la producción de remolacha azucarera durante la campaña 2009-2010 fue 4.014 toneladas de las que una parte, se transforman en cosetas de remolacha (en pellets deshidratados) para pienso de ganado.

Las cosetas de remolacha son susceptibles de tratarse mediante digestión anaerobia para obtener un residuo estabilizado y un biogás rico en metano que puede ser utilizado como fuente de energía.

La finalidad de este trabajo es aumentar la biodegradabilidad de este subproducto para incrementar la velocidad de de degradación de este material en el pretratamiento biológico, fundamentalmente, acelerar la etapa de hidrólisis que suele ser limitante en residuos con alto contenido en fibra.

2. Desarrollo del problema.

2.1. Objetivo.

El objetivo de este estudio es acelerar la velocidad de hidrólisis y aumentar la biodegradabilidad de las cosetas de remolacha mediante la aplicación de pretratamientos biológicos.

2.2. Material y métodos.

Los residuos de coseta de remolacha empleados se han obtenido de la industria Azucarera Ebro del municipio de Jerez de la Frontera. Los agentes biológicos empleados, lodos activos de EDAR y compost maduro, proceden de de la EDAR "Guadalete" y de la planta de reciclaje y compostaje "Las Calandrias" en Jerez de la Frontera. La Tabla 1 y la Tabla 2 muestran las características físico-químicas del residuo y los agentes biológicos empleados, respectivamente.

Parámetro	**Unidades**	**Cosetas de remolacha**
pH	Unidades de pH	5,8
CE	(µS/cm)	2,3
Sólidos Totales (ST)	(g/kg)	173,3
Sólidos Volátiles (SV)	(g/lg)	158,7
Alcalinidad	(g $CaCO_3$/kg m.s)	49,5
DQO	(g O_2/kg m.s)	128,8
COD	(g COD/kg m.s)	49,8
$N\text{-}NH_4^+$	(g $N\text{-}NH_4^+$/kg m.s)	7,5
N_t	(g N/kg m.s)	35,1

Tabla 1. Caracterización físico-química de las cosetas de remolacha.

		Compost maduro	**Lodos activos**	**Lodos mesofílicos**
Parámetro	**Unidades**		**Valores**	
Humedad	%	28,1	99,8	95,8
Sólidos Totales (ST)	(g/kg)	719,4	2,4	42,1
Sólidos Volátiles (SV)	(g/kg)	342,1	1,2	17,9

Tabla 2. Caracterización físico-química de los agentes biológicos.

El pretratamiento se desarrolla en una batería de 6 reactores anaerobios agitados. Cada reactor dispone de una capacidad total de 1 litro (0,75 l de volumen útil). La temperatura de los reactores se mantuvo a 35 ± 1°C y el tiempo de contacto fueron 24 horas.

Para preparar una mezcla de cosetas de remolacha al 5% en ST, fue necesaria la disgregación del residuo en agua mediante lixiviación durante 2 horas. Los reactores de 1 litro fueron llenados hasta el 75% de su volumen útil ajustándose dicho residuo al 5% mediante la adición de agua.

La planificación experimental se basó en el estudio de dos agentes biológicos: lodos activos de EDAR y compost maduro. Los experimentos se diseñan según se resumen en la Tabla 3.

	Compost maduro	**Lodos activos**
Porcentaje añadido	5 (p/p)	5 (v/v)
Tiempo (h)	24	24
Aireación	no	sí/no

Tabla 3. Diseño experimental.

Para estudiar la efectividad de los pretratamientos se midió la solubilización de la materia orgánica en términos de Carbono orgánico Disuelto (COD) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).

2.3. Resultados y discusión.

Los rendimientos obtenidos en el pretratamiento con lodos activos de EDAR empleando la aireación como variable de estudio se muestran en la Tabla 4.

	Solubilización de la materia orgánica (%)	
Variable	**COD**	**DQO**
Aireación	8,7	-0,7
Sin aireación	14,7	36,5

Tabla 4. Solubilización de la materia orgánica en el pretratamiento biológico con lodos activos de EDAR.

Los datos de solubilización de DQO son negativos cuando se aplica aireación en el ensayo. Esto indica que se consume materia orgánica soluble a mayor velocidad de lo que se solubiliza. En cualquier caso, para el pretratamiento con lodos activos se obtiene un rendimiento mayor cuando se opera sin aireación en el medio obteniendo una solubilización de COD del 14,7% y de 36,5% para la DQO.

Aceptando los resultados del ensayo anterior, se realiza un nuevo estudio en el que se pretrata con compost maduro. La Tabla 5 muestra los resultados obtenidos en este ensayo.

	Solubilización de la materia orgánica (%)	
Variable	**COD**	**DQO**
Sin aireación	34,3	35,5

Tabla 5. Solubilización de la materia orgánica (%) en el pretratamiento biológico con compost maduro.

En este caso se observa que al trabajar con compost maduro y sin aireación se obtiene un incremento de la solubilización de COD de 34,3%. Estos datos son superiores a los alcanzados en los pretratamientos con lodos activos. Por tanto, el pretratamiento biológico con compost maduro y sin aireación mejorará el proceso de solubilización e hidrólisis de la materia orgánica en el proceso de digestión anaerobia.

3. Conclusiones.

Un análisis general de los resultados presentados de los diferentes ensayos indica que los rendimientos de solubilización de la materia orgánica son más acusados cuando se emplea compost maduro como pretratamiento del residuo.

El pretratamiento biológico con compost maduro de las cosetas de remolacha sin aireación en rango mesofílico (35ºC) posee un mayor grado de efectividad de solubilidad de la materia orgánica contenida en estos residuos frente a los pretratamientos biológicos con lodos activos, tanto si se opera con aireación como sin aireación. No obstante, el rendimiento de solubilización alcanzado, del orden de 34,3% COD y 35,5% DQO, son muy bajos y no justifican su aplicación a escala industrial.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (PROBIOGÁS Proyecto PS-120000-2007-6) y por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).





Referencias.

[1] Ropars, M.; Marchal, R.; Pourquié, J. and Vandecasteele, J.P. “Large-Scale enzymatic hydrolysis of agricultural lignocellullosic biomasa”. Part 1: Pretreatment Procedures”. Bioresource Technology 42, 197-204. 1992.

[2] Spagnuolo M, Crecchio C, Pizzigallo MDR & Ruggiero P. Synergistic effects of cellulotic and pectinolytic enzymes in degrading sugar beet pulp. Biores. Technol. 60: 215–222. 1997.

[3] Hutnan, M.; Drtil, M. and Mrafkrova, L. "Anaerobic biodegradation of sugar beet pulp". Biodegradation. 11:203-211. 2000.

[4] Fernández-Güelfo, L.A. "Caracterización cinética de la degradación termofílica seca de la FORSU. Efecto de diferentes pretratamientos sobre la biodegradabilidad del residuo. Tesis Doctoral. Universidad de Cádiz. 2008.

[5] De Vicente Ruiz, A. "Estudio de la capacidad hidrolítica del compost como pretratamiento en procesos de biometanización". (D.E.A). Universidad de Cádiz. 2008.

[6] Romero Aguilar, Mª A. "Pretratamientos termoquímicos y biológicos aplicados a la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) como acondicionamiento para la digestión anaerobia acidogénica". (D.E.A). Universidad de Cádiz. 2008.

Curvas I-V para Generadores Fotovoltaicos Parcialmente Sombreados

M, Drif[1,2], P, J, Perez[2], J, Aguilera[2], A, Mellit[3]

[1] Département d'Electronique, Faculté de Technologie, Université de M'sila,
BP 166, Ichbilia, M'sila, 28000, Algérie, mhd.drif@hotmail.com
[2] Departamento de Electrónica, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Jaén,
Campus Las Lagunillas, 23071, Jaén, Spain, pjperez@ujaen.es, aguilera@ujaen.es
[3] Département d'Electronique, Faculté de Technologie, Université de Jijel,
Ouled-Aissa, BP 98, Ouled Aissa, Jijel, Algérie, a.mellit@yahoo.co.uk

Abstract. Partial shading of solar cell modules can cause two principal effects: extrinsically, it leads to reduction of incident solar irradiance and consequently a reduction in power production; and intrinsically, the inhomogeneous irradiance on the PV surface may cause electrical mismatch and even hot spots particularly for no bypassed modules. Knowledge of *I-V characteristics* of PV generators under shadow condition enables accurate calculations of the energy production.

The aim of this paper is to present the principles of the proposed method for determining the *I-V curves* for on a shaded PV generator incorporating bypass diodes. In addition, the results of simulated values of this method are presented.

Keywords: IV characteristics, Partial shadow, Mismatch.

1. Introducción.

El efecto eléctrico de *mismatch* (efecto de dispersión) ocurre cuando se conectan células solares asociadas en serie y/o en paralelo para formar módulos fotovoltaicos y generadores fotovoltaicos. Existen, causas múltiples para ello: por un lado la natural dispersión de parámetros, propia de cualquier proceso de fabricación, y por otro, las diferentes condiciones de operación que, simultáneamente, pueden producirse dentro del generador fotovoltaicos. A modo de ejemplo de esto último, son el sombreado parcial, daños en algunas células etc.
La pérdida por mismatch o pérdida por dispersión se produce entonces en módulos o generadores fotovoltaicos cuyas células lo constituyendo presentan diferentes características I-V.
El sombreado parcial puede causar una desproporcionada pérdida en la energía producida por los módulos fotovoltaicos del hecho de que una célula sombreada tendrá tendencia a invertir su polaridad convirtiéndose por lo tanto en una carga que disipará toda la energía producida por las demás. Además, para un voltaje elevado cuyo valor en torno de la zona de avalancha de una célula, éste puede conducir una corriente que sobrepasa su corriente de cortocircuito e eventualmente puede alcanzar teóricamente un valor infinito. Si la potencia disipada tiene un valor elevado la célula aumentará

considerablemente su temperatura, pudiendo llegar a su destrucción total. Este fenómeno es el que se denomine hot-spot o efecto de punto caliente.
Para estimar la producción energética de un sistema fotovoltaico conectado al red cuyo el generador está parcialmente sombreado, el método habitualmente utilizado por la mayoría parte de programas de simulación se basa en la determinación de la reducción de la radiación recibida en la superficie del generador fotovoltaico, sin tener en cuenta la modificación de las curvas I-V del generador como consecuencia de la presencia de las sombras. Este método anterior no refleja la realidad de los generadores parcialmente sombreados, pudiendo llevar a errores en la estimación de la energía generada. Esto es debido aquella curva I-V de un generador fotovoltaico sombreado puede presentar máximos relativos que provoquen errores en el seguimiento del punto de máxima potencia (PMP), incluso el punto PMP se puede encontrar fuera del margen de la tensión de entrada de la tensión.
De hecho, el estudio las células solares trabajando en operación inversa empezó a cobrar interés a partir de la detección, en 1969 [1] de problemas asociados con elevados voltajes y temperaturas anormalmente altas que podrían llegar a la destrucción total del sistema fotovoltaico en instalaciones especiales a EE UU. A partir de entonces, y precisamente en la primera década de los años 70, varios trabajos han sido desarrollados están descritos en la literatura tal como *Rauschanbach* [2], [3], *Jett et al.* [4] y otros, y con el aumento des las aplicaciones terrestres de la energía fotovoltaica, el problema de *mismatch* debido al sombreado se convirtió a un tema de actualidad. En este contexto, varios estudios han sido desarrollados, entre otros [5]- [15] y continúa hasta ahora. No obstante, el modelo propuesto por *J. W. Bishop* [7] es el único modelo que da la característica de la célula solar en tres cuadrantes con una única ecuación al contrario a los demás. Esta ha sido la ecuación utilizada por excelencia para representar el comportamiento de células FV trabajando en operación inversa dentro de programas de simulación más amplios.
En este artículo se va presentar el principio del método desarrollado para simular el efecto del sombreado sobre un generador fotovoltaico. Se va estudiar todos los casos posibles de la distribución de las sombras en la superficie del generador.

2. Modelado de un generador fotovoltaico parcialmente sombreado

El efecto de las sombras sobre una instalación fotovoltaica depende de los siguientes factores: - del número de módulos sombreados, - del conexionado de las células y del diodo de paso, - del grado de sombras, - de la distribución en el espacio y el tiempo del sombreado, - de la interconexión del generador, - y del tipo y tamaño del inversor.

2.1. Estructura típica propuesta del modulo FV

Partiendo de las configuraciones usuales de los módulos fotovoltaicos comerciales que suelen distinguir por el tipo de conexionado (*asociación serie y/o paralelo*), el número de células y por fin el modo de colocación de los diodos de paso en los módulos (*por ejemplo: modo adyacente, modo overlapping…*), se ha propuesto una estructura general en forma de red de células que puede responder a cualquier configuración del módulo fotovoltaico (Fig. 1).
En efecto, esta estructura está constituida de *k subredes*, cada subred se compone de *i ramas* en paralelo y cada rama contiene *j células* asociadas en serie.

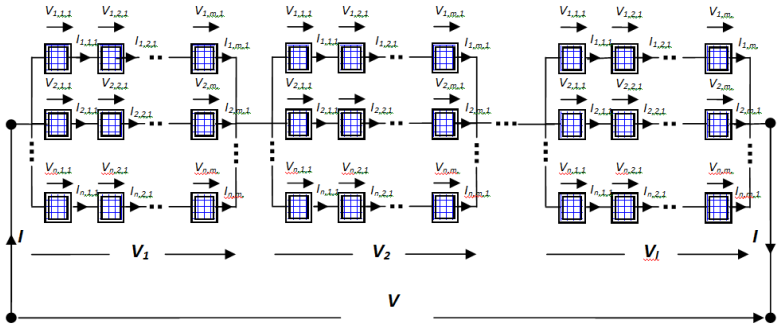


Fig. 1 Estructura típica de un módulo fotovoltaico en forma de red, constituido de *k* (*k=1,…,l*) subredes. Cada subred contiene *i* (*i=1,…, n*) ramas y cada rama está compuesta de *j* (*j= 1,…m*) células asociadas en serie.

2.2. Modelado del módulo FV

Cada célula de la red (Fig. 2) se puede describir por una relación matemática entre sus voltaje $V_{i,j,k}$ y corriente $I_{i,j,k}$. La dicha relación se expresa mediante la función siguiente ecuación:

$$f\left(V_{i,j,k}, I_{i,j,k}\right) = 0 \tag{1}$$

donde los índices i, j, k indican la posición de la célula en el módulo.

La característica I-V de una célula trabaja en operación directa (sin sombras) se puede expresar por la ecuación implícita no lineal (modelo de J. W. Bishop).

$$I_{ph} - I_0\left[\exp\left(\frac{V_{i,j,k} + I_{i,j,k}R_s}{mV_t}\right) - 1\right] - \frac{V_{i,j,k} + I_{i,j,k}R_s}{R_{sh}}\left[1 + a\left(1 - \frac{V_{i,j,k} + I_{i,j,k}R_s}{V_{bv}}\right)^{-n}\right] - I_{i,j,k} = 0 \tag{2}$$

donde Iph, Io son las corrientes fotogeneradas y de saturación del diodo respectivamente, Rs es la resistencia serie, m es el factor de idealidad, Vt es la tensión térmica, Vbr es el voltaje de avalancha, n es el exponente de disrupción por avalancha y a representa la corriente óhmica implicada en la avalancha.

Y la característica I-V de una célula sombreada, la cual se encuentra en el segundo cuadrante, se puede describir por la ecuación 3.

$$f_{sh} I_{ph} - I_0\left[\exp\left(\frac{V_{i,j,k} + I_{i,j,k}R_s}{mV_t}\right) - 1\right] - \frac{V_{i,j,k} + I_{i,j,k}R_s}{R_{sh}}\left[1 + a\left(1 - \frac{V_{i,j,k} + I_{i,j,k}R_s}{V_{bv}}\right)^{-n}\right] - I_{i,j,k} = 0 \tag{3}$$

donde fsh es el factor de sombreado (fsh = 0, célula totalmente sombreada; fsh = 1 célula totalmente iluminada).

En esta situación la célula se invierte su polaridad, convirtiéndose en una carga. Además, la corriente fotogenerada disminuye proporcionalmente al factor del sombreado fsh.

Para el cálculo de la corriente total I del módulo se deberá tener en cuenta las corrientes de las células que pertenecen a una misma rama son iguales, incluso si se trata de células que están sombreadas (ecuación 4).

$$I_{i,j,k} = I_{i,j+1,k} = I_{i,j+2,k} = \ldots = I_{i,m,k}\Big|_{i=1,\ldots,n;\ k=1,\ldots,l} \tag{4}$$

La corriente total del módulo I es igual a la corriente de cada subred. Esta última se da como la suma de corrientes de todas las ramas de la misma subred (ecuación 5).

$$I = \sum_{i=1}^{n} I_{i,j,1} = \sum_{i=1}^{n} I_{i,j,2} = \ldots \sum_{i=1}^{n} I_{i,j,l}\Big|_{j=1,\ldots,m} \tag{5}$$

En lo que respecta la tensión del módulo, se puede calcular por la suma de tensiones de las células de cada subred.

$$V_k = \sum_{j=1}^{m} V_{i,j,k} \Big|_{i=1,\ldots,n;\ k=1,\ldots,l} \tag{6}$$

$$V = \sum_{k=1}^{l} V_k \tag{7}$$

3. Estudio de simulación

Con objeto a dilucidar este problema se propone a estudiar el efecto de sombras sobre un generador de 2kWp compuesto de dos ramas en paralelo de 10 módulos. Como ejemplo concreto se ha considerado el módulo comercial Isofotón I-106 cuyas características a las condiciones estándares son las siguientes: PMAX = 106 Wp ; Isc =6.54A; Voc =21.6 V, Rsh=6.95 W, a = 0.00787, n = 1.3, Vbr = 29.32 V. Este módulo se compone de tres subredes (k=3) de dos ramas cada uno (i=2). Cada rama contiene 12 células asociadas en serie (j=12). El modo de colocación de los diodos de paso es el que se denomine Overlapping.

El generador está conectado a la red eléctrica a través un inversor de potencia nominal de 2kW, de tensión de entrada de 120 a 250 V y de tensión de salida de 250V.
En este apartado, se va estudiar todos los casos posibles de la distribución de las sombras en la superficie del generador. En efecto, se considera la distribución de las sombras a lo largo de la longitud del generador en número de módulos con un paso de 2 y a lo largo del ancho en porcentaje (25%, 75%).

3.1. Primer caso.

En este caso se considera la influencia del número de módulos sombreados a lo largo de una rama con un paso de 2 módulos y un porcentaje de 25% del ancho del generador fotovoltaico. La figura 1 y la tabla 1 muestran las curvas corriente-tensión I-V y potencia-tensión P-V y las potencias y pérdidas del generador FV.

Se constata que con el aumento de las sombras se produce un desplazamiento del punto de máximo de potencia (PMP) hacia las bajas tensiones. Cuando hay poco módulos sombreados, la tensión correspondiente al PMP se sitúa dentro de la margen de la tensión de entrada del inversor (curvas a, b, c). Al aumentar del número de módulos sombreados, la tensión de PMP se sitúa fuera de la margen de tensión del inversor (curvas d, e, f). El inversor trabajará en el punto de mayor potencia dentro del rango de trabajo, el cual no coincide con el PMP del generador fotovoltaico.
Desde el punto de vista de pérdida de potencia debida al sombreado (Tabla 1), se observa una proporcionalidad entre el número de módulos sombreados y el valor de la pérdida de potencia hasta un número a partir del cual las pérdidas son constantes.
Así, para dos módulos 10%, para cuatro módulos 24% y a partir de ocho módulos se obtiene una pérdida de 50%. Obsérvese, como a partir de ocho módulos sombreados es equivalente a tener en cuenta una rama solamente sombreada.

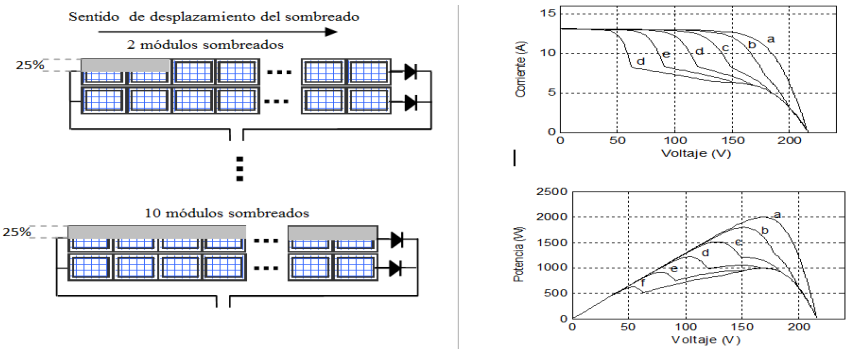


Fig.1 Situaciones de las sombras y curvas I-V y P-V del generador con una rama sombreada a un porcentaje de 25%. (a) sin sombras, (b) 2 módulos sombreados, (c) 4 módulos sombreados, (d) 6 módulos sombreados, (e) 8 módulos sombreados, (f) 10 módulos sombreados.

Porcentaje del sombreado	**Parámetros**		**Número de módulos sombreados**				
			b	**c**	**d**	**e**	**f**
			2 módulos	4 módulos	6 módulos	8 módulos	10 módulos
25%	Sin sombras	P_{MAX}			**2001**		
	Con sombras	P_{MAX}	**1796**	**1516**	**1058**	**998**	**998**
	Pérdida	ΔP (W)	205	485	943	1003	1003
		ΔP(%)	10.24	24.23	47.12	50	50

Tabla 1. Valores de las potencias máximas (en W) para el generador fotovoltaico sin y con sombras y las pérdidas para un porcentaje de sombreado de 25%.

3.2. Segundo caso.

Este caso es similar a los anteriores, salvo se considera que el sombrado afecta un porcentaje de 75% (una rama y media) del ancho y se va desplaciendo a lo largo de la longitud hasta cubrir una rama y media del generador fotovoltaico.

Las curvas características (Fig. 2) son completamente diferentes a los anteriores. En este caso, se observa que las tensiones de circuito abiertos de la características I-V bajan con el aumento del sombreado, ya que en este caso el sombreado afecta dos ramas. Además, resulta que a partir del número de seis módulos sombreados, los puntos de máxima potencia (PMP) se encuentran fuera del rango de trabajo del inversor (curvas e, f de la figura 2) provocando una pérdida de 100%, que significa que el sistema no proporciona ningún energía a la red.

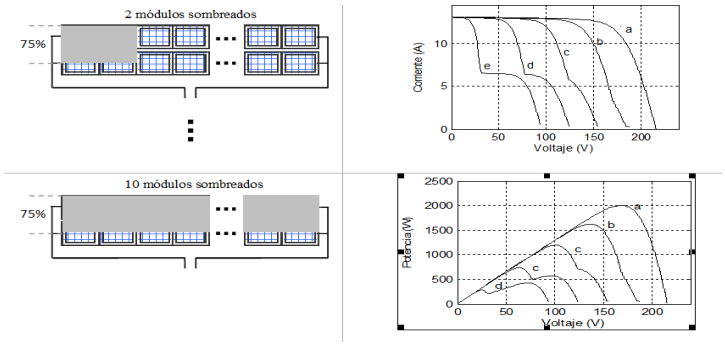


Fig.2 Situaciones de las sombras y curvas I-V y P-V del generador con una rama sombreada a un porcentaje de 75%. (a) sin sombras, (b) 2 módulos sombreados, (c) 4 módulos sombreados, (d) 6 módulos sombreados, (e) 8 módulos sombreados, (f) 10 módulos sombreados.

Porcentaje del sombreado	Parámetros		Número de módulos sombreados				
			b	**c**	**d**	**e**	**f**
			2 módulos	4 módulos	6 módulos	8 módulos	10 módulos
75%	Sin sombras	P_{MAX}	**2001**				
	Con sombras	P_{MAX}	**1620**	**700**	**203**	El sistema no proporciona de energía a la red	
	Pérdida	$\Delta P_{(W)}$	381	1301	1798	2001	2001
		$\Delta P_{(\%)}$	19	65	89.85	100	100

Tabla 2. Valores de las potencias máximas (en W) para el generador fotovoltaico sin y con sombras y las pérdidas para un porcentaje de sombreado de 75%.

4. Conclusiones.

En el presente artículo se ha propuesto una estructura típica general en forma de red de células que puede responder a cualquier configuración del módulo fotovoltaico. Además, se ha presentado un simple método de determinación de las características I-V para generadores fotovoltaicos parcialmente sombreados. Este método representa una herramienta para la estimación de la energía producida por sistemas fotovoltaicos ubicados en ambientes urbanos o con integración arquitectónica.

Referencias.

[1] F. A. Blake, K. L. Hanson, "The hot-spot failure mode for solar arrays", 4th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, 1969, pp. 575-581.

[2] H. S. Rauschanbach, "Electrical output of shadowed solar arrays", IEEE Transactions on Electron Devices, 1970, Vol.18, No. 8, pp 483-490.

[3] H. S. Rauschanbach, "Breakdown phenomena in reverse biased silicon solar cells", 9th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1972, pp. 217-225.

[4] P. Jett, J. Miller, "Analysis of effects of shadowed and open solar cells on orbital workshop solar cell array performance", 6th Imtersociety Energy Conversion Engineering Conference, 1971, pp. 889-900.

[5] J. A. Roger and C. Maguin, "Photovoltaic solar panel simulation including dynamical thermal effects", Solar Energy, 1982, Vol. 29, No. 3, pp. 245-256.

[6] C. Pienda, "Experimental evaluation of reverse bias stress induced on photovoltaic modules for different configurations", Solar energy, 1986, Vol. 3, No. 2, pp. 85-88.

[7] J. W. Bishop, "Computer simulation of the effects of electrical mismatches in photovoltaic cell interconnection circuits", Solar Energy, 1988, Vol. 25, No. 12, pp. 73-89.

[8] D. Roche et al., "Analysis and control of mismatch power loss in photovoltaic arrays", Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Vol. 3, 1995, pp.115-127.

[9] C. E. Chamberlin et al., "Effects of mismatch losses in photovoltaic arrays", Solar Energy, 1995, Vol. 54, No. 3, pp. 165-171.

[10] V. Quashninig and R Hanisch, "Numerical simulation of current-voltage characteristics of photovoltaic systems with shaded solar cells", Solar energy, 1996, Vol. 56, No. 6, pp. 513-520.

[11] A. kovach and J. Schmid, "Determination of Energy output losses due to shading of building-integrated photovoltaic arrays using a raytracing technique", Solar Energy, 1996, Vol. 57, No. 2, pp. 117-124.

[12] D. L. king et al., "PVSIM: A simulation program for photovoltaic cells, modules and arrays", 25th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1996, pp. 1295-1297.

[13] F. Iannone et al., "Monte Carlo techniques to analyse the electrical mismatch losses in large-scale photovoltaic generators", Solar Energy, 1998, Vol. 62, No. 2, pp. 85-92.

[14] H. kawamura et al., "Simulation of I-V characteristics of PV module with shaded PV cells", Solar Energy Materials & Solar Cells, 2003, Vol. 75, pp. 613-621.

[15] M. C. Alonso-Garcia, J.M. Ruiz, W. Herrmann, "Computer simulation of shading effects in photovoltaic arrays", Renewable Energy, 2006, Volume 31, No. 12, pp. 1986-1993.

Estudio cuantitativo y cualitativo sobre la utilización de biomasa en edificios públicos para refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria

García Sanz-Calcedo, Justo[1]

[1] Dpto. de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales, Universidad de Extremadura, España.
jgsanz@unex.es

Abstract. This paper presents the results of the exploitation of biomass-based heating systems in public buildings, evaluating the possible use of biomass in public buildings for cooling, heating and hot water, buildings that are large consumers of hot water and heating and in extreme weather, with hot summers and cold winters, they need great contribution of primary energy.

Keywords: Biomass; energy efficiency; public buildings

1. Introducción.

Uno de los actuales retos a los que se enfrenta el sector de las energías renovables, es la instalación de sistemas basados en la generación de energía térmica con biomasa en edificios del sector terciario. En España, se han desarrollado multitud de instalaciones basadas en la captación solar, pero que aún está en fase de inicio en la biomasa [1], aunque la tecnología existente en la conversión energética mediante biomasa asegura el funcionamiento eficiente de estas instalaciones [2].

Una medida que contribuye a la implantación de la biomasa, es realizar instalaciones de que sirvan de demostración de las bondades de esta tecnología, prioritariamente en edificios públicos, que sean visitados frecuentemente por gran cantidad de usuarios. Entre otros, es el caso de los hospitales, edificios que funcionan ininterrumpidamente y que son altamente frecuentados [3], pues el consumo de energía térmica en los hospitales, tanto en calefacción como en agua caliente sanitaria, oscila en torno al 40% del consumo total de energía primaria de cada edificio [4].

El principal objetivo en la producción de energía térmica en un edificio público, es asegurar las condiciones de máximo confort para usuarios y trabajadores, teniendo en cuenta el coste económico, las condiciones de suministro del combustible y el impacto medioambiental. Además, las medidas para mejorar la eficiencia energética de un hospital deben tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales [5], así como el entorno ambiental interior [6] y la relación coste-eficacia, no debiendo contravenir otros requisitos esenciales aplicables a este tipo de edificios, tales como la accesibilidad, la seguridad en el suministro [7] y la fiabilidad de sus instalaciones.

La utilización de la biomasa como combustible permite alcanzar los anteriores objetivos, potenciando la utilización de una energía renovable de la que se dispone en gran abundancia en Extremadura [8], aprovechando fuentes autóctonas y convirtiendo un residuo en recurso, gracias a su aprovechamiento energético [9]. Hay pocos antecedentes del empleo de la biomasa [10] en edificios públicos [11-12].

2. Desarrollo del problema.

Para la obtención de los datos operativos, se han analizado la central térmica alimentada con huesos de aceituna triturados, que sirve para cubrir parte de la demanda térmica del Hospital de Zafra (Badajoz), y dos calderas de biomasa que utilizan cáscara de almendra para producción de calor en invierno y producción de frío en verano, alimentando una máquina de absorción de simple efecto en un edificio administrativo del Servicio Extremeño de Salud

Durante el desarrollo del estudio, se efectuaron auditorías energética [13] que permitieron conocer la situación real en lo relativo a la gestión energética y a las instalaciones, y que se utilizaron como base técnica del análisis.

Para analizar la fiabilidad y mantenibilidad de la instalación, se introdujo cada uno de los componentes del sistema, en el plan de mantenimiento preventivo del edificio, asignando un tiempo determinado a cada una de las tareas de mantenimiento de cada instalación. Se cronometró el tiempo diario dedicado a labores de mantenimiento de la caldera de biomasa y de sus instalaciones complementarias, así como el dedicado a la localización y reparación de averías. Además, se monitorizaron los datos relativos al rendimiento global de la instalación.

2.1. Instalación Hospital de Zafra

La caldera de biomasa que se ha instalado para calefacción y agua caliente sanitaria, actúa conjuntamente con las existentes. Se trata del modelo Bioselect-430 del fabricante Lasian, tiene una potencia de 430 kW, es de chapa de acero con tres pasos de humos verticales y sistema de autolimpieza, y trabaja a una presión de servicio de 4 bares. El quemador de biomasa es de tipo modulante en cascada, con encendido automático y sistema empujador de cenizas, incorporando un sistema de recuperación de partículas sólidas mediante la utilización del efecto ciclón.

Para conseguir una mayor eficiencia, regulando la demanda térmica, se ha dispuesto de un depósito de inercia de 2.000 litros, el cual actúa como depósito de calor que evita arranques múltiples del quemador, optimizando el rendimiento del mismo y alargando la vida útil de la instalación [14]. La temperatura de trabajo se ha regulado en 84ºC y el horario de funcionamiento se ha establecido de forma continua.

Se utiliza un tornillo sinfín para el transporte del combustible desde el silo de almacenamiento hasta la caldera, en cuya cámara de combustión se introduce el combustible por gravedad y se produce la transferencia de energía en forma de calor al agua del circuito primario.

2.2 Instalación edificio del Servicio de Salud

La producción de calor, se realiza mediante dos calderas pirotubulares idénticas, del fabricante español Vulcano, con potencia térmica 465 kW cada una, que utilizan como combustible biomasa, actualmente cáscara de almendra, procedente de la industria agroalimentaria y dispone de un silo de almacenamiento de 70 m³ situado de forma independiente a la sala de caldera.

La producción de frío se realiza mediante una enfriadora de agua marca Carrier, con capacidad frigorífica nominal 545 kW, de ciclo de absorción simple efecto con bromuro de litio como absorbente y agua como refrigerante, alimentada por agua caliente procedente de las calderas anteriormente descritas, condensando mediante una torre de refrigeración con capacidad de enfriamiento de 1.203 kW.

El sistema de trabajo diseñado es inercial, es decir no existe una respuesta inmediata a las solicitaciones térmicas del edificio, ni por parte de la máquina de absorción, ni por parte de las

calderas de biomasa, como tampoco hay una respuesta inmediata en las paradas de la instalación. Por ello se ha instalado un sistema de acumulación, que sustituye en parte a la falta de respuesta instantánea de las calderas, y que facilita la temperatura de activación del generador.

La instalación dispone de un sistema de acumulación de agua caliente a 92ºC, compuesto por tres depósitos de 10.000 litros cada uno. Esta acumulación permite disponer de suficiente potencia térmica que será suministrada al generador al mismo que tiempo que ayuda a poner a ré.gimen de temperaturas las calderas. Esta acumulación permite una inercia de 400 kW en régimen de calefacción para el edificio, durante la temporada invernal.

La instalación dispone de cuatro depósitos acumuladores de agua fría de 5.000 litros cada uno que acumulan agua a 7ºC que se que se utiliza para los arranques a primera hora, correspondiente al 15% de la parcialización de la máquina de absorción.

3. Resultados

Para determinar el consumo de energía térmica de un hospital, se han analizado los consumos medios de gas natural y de gasóleo de 12 hospitales del Servicio Extremeño de Salud, habiéndose detectado que es proporcional al número de camas del mismo. Si se representan gráficamente ambos parámetros, utilizando un diagrama de dispersión, existe una relación entre ambas variables, como se muestra en la Fig. 1.

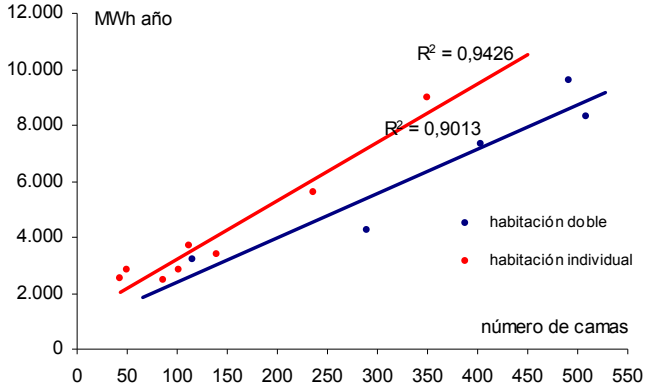


Figura 1. Relación entre el consumo anual de energía térmica y el número de camas de un hospital por tipo de habitación de hospitalización

La relación entre el consumo anual de energía térmica y el número de camas de un hospital con habitaciones de hospitalización de uso individual, responde a la ecuación 1. En el caso de un hospital con habitaciones de uso compartido por dos pacientes a la ecuación 2.

$$y = 15{,}87\,x + 793 \qquad (1)$$

$$y = 20{,}93\,x + 1.105 \qquad (2)$$

Dónde y es el consumo medio anual, en condiciones normales de funcionamiento y de ocupación, expresado en MWh y x el número de camas instaladas en el hospital.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio, se exponen a continuación, clasificados en función de los distintos efectos observados.

3.1. Combustibles

En Extremadura, los tipos de biomasa que se pueden utilizar están condicionados a la disponibilidad del mercado, siendo los más comunes el hueso de aceituna, la poda del olivar y de frutales para hacer

astillas, los recortes de madera procedentes de industrias, la cáscara de frutos secos, los residuos forestales [15], los concentrados de la vid [16] y los "pellets".

Se ha procedido a evaluar el coste económico por kilowatio hora relativo al empleo de distintos combustibles, considerando los costes derivados del transporte al punto de suministro, y comparándolos con los costes de combustibles no renovables (gasóleo y gas natural), teniendo en cuenta los precios de mercado (diciembre 2010) para un consumo equivalente al previsto anualmente en un hospital de 100 camas [17].

Los biocombustibles que se han testado para comprobar la viabilidad de su utilización en hospitales, han sido el hueso de aceituna triturado, la cáscara de almendra y distintos tipos de "pellets".

En la Fig. 2 se han representados los costes finales de distintos combustibles expresados en céntimos de euro por unidad de kWh de energía calorífica producida [18]. Se puede observar que el hueso de aceituna es un 20% más económico que el "pellet", un 41% que el gas natural y un 50% que el gasóleo, todo ello suponiendo que el rendimiento de las calderas de combustibles sólidos sea inferior en un 6% al resto de calderas [19].

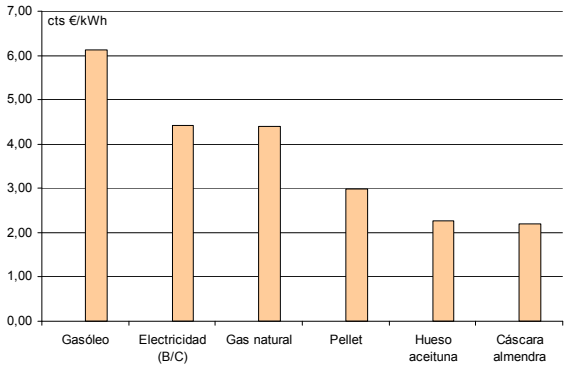


Figura 2. Coste por kWh de energía térmica producida por distintos combustibles

El hueso de aceituna triturado, es un tipo de combustible que procede directamente del proceso de molienda de las aceitunas en las almazaras, y es un subproducto del proceso de obtención del aceite de oliva. La cáscara de almendra es un subproducto de la industria agroalimentaria, procedente del descascarado de la almendra. En la Tabla 1 se especifican las características físico-químicas de ambos combustibles.

Parámetros	Hueso aceituna	Cáscara almendra
Tamaño (mm)	< 5	< 11
Densidad (kg/m^3)	680	400
Humedad (%)	7,10	8,00
PCI (kWh/kg)	4,87	4,75
Cenizas (%)	0,55	0,97
Volátiles (%)	74,25	75,04
Azufre (%)	0,04	0,02
Cloro (%)	0,064	0,02
Carbono fijo (%)	19,49	18,40

Tabla 1. Análisis de las características físico-químicas de biocombustibles

3.2 Mantenimiento

En el transcurso de la investigación se ha detectado que las tareas de mantenimiento preventivo de la instalación de biomasa han aumentado un 120% respecto a instalaciones similares de producción de energía térmica mediante gasóleo y/o gas natural en hospitales, debido a operaciones de limpieza, regulación y vaciado del cenicero, que han supuesto una tarea adicional media de 60 minutos/día.

Por otro lado, se ha comprobado que la tecnología aplicada a las calderas de biomasa, tiene una menor fiabilidad que las utilizadas en calderas de gas natural y de gasóleo, sobre todo en el periodo inicial de funcionamiento de la misma. Es por ello que la disponibilidad [20] de la instalación es inferior, por lo que conviene duplicar las instalaciones y/o disponer de unidades de apoyo con otro combustible. En la Fig. 3 se puede observar el coste debido a las operaciones de mantenimiento necesarias en función del tipo de combustible utilizado en la producción de calor.

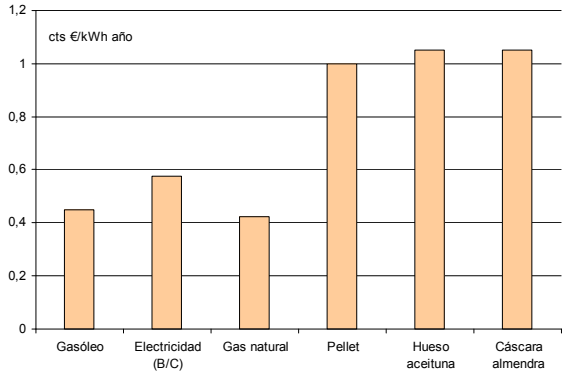


Figura 3. Coste anual por kWh de mantenimiento por combustible

3.3 Inversión

Se ha calculado la inversión necesaria por unidad de energía útil, para una instalación convencional y para otra de biomasa, detectando que para la potencia instalada en el hospital, la inversión inicial necesaria es de 0,0955 €/kWh si se utiliza una instalación de gasóleo o gas natural, mientras que para la instalación de biomasa, tras incorporar subvenciones, es necesario invertir 0,1705 € por cada kWh de energía útil.

3.4 Balance medioambiental

Las emisiones de dióxido de carbono producidas en la combustión de la biomasa son prácticamente neutras, ya que la planta vegetal es capaz de retener durante su crecimiento más CO_2 del que se libera en su combustión [21]. En cuanto al resto de contaminantes, las emisiones son tan bajas que se consideran despreciables, por lo que prácticamente las emitidas por el gasóleo o gas natural, coinciden con las evitadas al ser sustituido éste por la biomasa.

La producción de calor mediante biomasa únicamente aumenta la emisión de partículas a la atmósfera, compuestas fundamentalmente por cenizas volantes de carbono. Aún así, se ha comprobado que el rango de emisión de partículas se encuentra por debajo de los límites admisibles para una instalación de combustibles sólidos [22].

3.5 Amortización

Para analizar la viabilidad económica del proyecto, se ha efectuado un análisis comparativo entre la instalación de gasóleo que estaba en funcionamiento en el hospital y la nueva de biomasa, calculando el coste económico anual de cada combustible, necesario para producir la misma energía térmica, en lo que respecta al hospital de Zafra.

Respecto al edificio de SSCC, se ha comparado con otro a base de producción de frío y calor mediante bomba de calor aire-aire.

Como se puede observar en la Tabla 2 el ahorro global estimado durante la vida útil esperada de la instalación [23], es de 231.310 €, obteniéndose un periodo de retorno de 5,4 años, inferior al producido en otros tipos de instalaciones de producción de energía basadas en captación solar. En el edificio administrativo, se obtiene un periodo de retorno de 5,56 años y un ahorro anual de 632.700 €.

Indicador	Zafra	SSCC
Inversión	177.000 €	352,000 €
Subvención	51.600 €	0
Coste de la instalación	125.400 €	352,000 €
Ahorro anual combustible	23.131,04 €	63,270 €
Retorno de la inversión	5,4 años	5,56 años
Ahorro vida útil (10 años)	231.310,4 €	632.700 €

Tabla 2. Balance económico de la instalación de biomasa

4. Conclusiones

El elevado consumo de agua caliente sanitaria, de calefacción y de refrigeración que anualmente consumen, hacen de los edificios públicos un lugar idóneo para la instalación de sistemas de producción térmica basados en la biomasa, pues la gran demanda térmica necesaria, así como su continuo funcionamiento, favorece la amortización de estas instalaciones.

La presencia permanente de personal de mantenimiento en las salas de calderas de los hospitales, permite absorber el mayor tiempo necesario derivado de las operaciones de mantenimientos adicionales a este tipo de instalación, debidas a los procesos de limpieza del hogar y eliminación de cenizas. Es por ello que para la implantación y el desarrollo de este tipo de energías renovables, es imprescindible la implicación del personal de mantenimiento y su formación previa [24].

Se ha observado que promocionando la utilización de energías renovables mediante biomasa en hospitales, es posible ayudar a crear y consolidar un mercado de biomasa autóctona, incipiente al inicio de éste proyecto y en fase de consolidación en el momento actual, que a medio plazo conseguirá un aumento económico del medio rural, fomentando su desarrollo y disminuyendo la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

Se ha detectado que los problemas que tiene la biomasa para penetrar en los actuales mercados energéticos se pueden resumir en tres: En primer lugar, la biomasa al contrario que la energía solar, eólica o la hidráulica, tiene dueño, y, por tanto, precio. En segundo lugar, la biomasa se presenta en multitud de formas y distribuida a través de grandes extensiones de terreno, lo que hace que su recogida sea difícil de realizar y muy costosa y en tercer lugar, al estar tan repartida, la densidad energética por hectárea es muy baja, a lo que hay que añadir los gastos empleados en su recogida y transporte hasta la central de conversión.

Referencias.

[1]García Benedicto L. “Instalaciones combinadas de energía solar térmica y biomasa en edificios”. Equipamiento y Servicios Municipales. Vol. 105. p. 16-25. (2003)

[2]Idae. Energía de la Biomasa. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Madrid. (2007).

[3]Sistema Nacional de Salud. Sistema de información de Atención Primaria. Informe resumen Actividad Asistencial Atención Primaria 2007 – 2008. Madrid (2009)

[4]García Sanz-Calcedo J, Garrido S, Pérez C, López F. "Gestión Energética en Servicios de Salud". Ingeniería Hospitalaria. Vol. 34, p. 31-38 (2007)

[5]Huang YL, Mclaughlin CP. "Relative efficiency in rural primary health care: an application of data envelopment analysis". Health Service Research, 24, p. 143-158 (1989)

[6]Vargas Marcos F, Gallego Pulgarín I. "Calidad Ambiental Interior: Bienestar, Confort y Salud". Revista Española de Salud Pública. Vol. 79-2. (2005)

[7]Shu Yoshida, Koichi Ito, Ryohei Yokohama. "Sensitivity analysis in structure optimization of energy supply systems for a hospital". Energy Conversion and Management. Vol. 48, p. 2836-2843 (2007)

[8]López F et al. Valoración de la Producción de Biomasa en Extremadura. Agencia Extremeña de la Energía, (2007)

[9]Idae. Biomasa: Edificios. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Madrid (2007)

[10]Cuadros, F.; González, A.; Ruiz-Celma A., López-Rodríguez ,F.; García-Sanz-Calcedo, J.; García, J.A.¿Qué pasa con la biomasa?. Revista Española de Física. Volumen 25, nº 1. Real Sociedad Española de Física. (2011)

[11]García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López F. "Eficiencia de una caldera de biomasa en un centro hospitalario. Aprovechamiento de huesos de aceitunas triturados para producción de calor". Dyna Ingeniería e Industria. En prensa (2011)

[12]Suárez Gonzalez TV. "Instalación de Biomasa del Hospital del Oriente de Asturias". 16º Congreso Nacional de Hospitales. Cáceres (2009)

[13]Rey Martinez F, Velasco Gómez E. Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías Energéticas. Thomson. (2006).

[14]Thormark C. "A low energy building in a life cycle its embodied energy, energy need for operation and recycling potential". Department of Building Science. Lund Institute of Technology. Building and Environment. Vol. 37, Issue 4, p. 429-435 (2002)

[15]Pérez C, López-Rodríguez F, Ruiz Celma A. "Potencial of Forest Biomass in Extremadura and its Energy Explotation". National Congress about Renewable Energy. Murcia (2005)

[16]Rojas S et al. Potencial energético de residuos concentrados de la vid en Extremadura y Alentejo. Junta de Extremadura, 1999

[17]García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López F. "Análisis sobre la sensibilidad energética de los parámetros de diseño de los Centros Sanitarios". Congreso Científico Internacional de Ingeniería. Tetuán. p. 47-53 (2010).

[18]García Sanz-Calcedo J. Análisis sobre la sensibilidad energética y medioambiental de los parámetros funcionales en los Centros Salud de Extremadura. Universidad de Extremadura (2009).

[19]López-Rodríguez F, García Sanz-Calcedo J, Pérez C, Ruiz A. "Gestión Energética en Centros Sanitarios". El Médico Vol. 997. p. 12-18 (2006)

[20]Bouchy F. Le Management de la Maintenance. Évolution et mutation. Asociación Española de Normalización. (1999)

[21]Intergovernmental Panel On Climate Change. "The Fourth Assessment Report". Organización Meteorológica Mundial y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2007)

[22]López F, Cuadros F, Segador C, Ruiz A, García Sanz-Calcedo J, Mena A, Sotullo S, Giacola E, Ferrer JA, Heras MR. "El edificio PETER. Un ejemplo de integración de las energías renovables en la edificación". Dyna Ingeniería e Industria. En prensa (2011)

[23]Sartori I, Hestnes AG. "Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article". Energy and Buildings. Vol. 39, Issue 3, p. 249-257 (2007)

[24]García Sanz-Calcedo, J.; Cuadros, F.; López, F.; Ruiz, A. "Influence of the number of users on the energy efficiency of Health Centres". Energy and Buildings. Vol. 43, Issue 4. (2011)

Energy management system based on fuzzy logic for a tramway powered by fuel cell

P. Garcia[1a], L.M. Fernández[1b], C.A. Garcia[1c], J.P. Torreglosa[2a], and F. Jurado[2b]

[1] Department of Electrical Engineering, University of Cadiz, Avda. Ramon Puyol, s/n. 11202 Algeciras (Cadiz), Spain, pablo.garcia@uca.es[1a], luis.fernandez@uca.es[1b], carlosandres.garcia@uca.es[1c]

[2] Department of Electrical Engineering, University of Jaen, C/Alfonso X, nº 28. 23700 Linares (Jaen), Spain, jtorregl@ujaen.es[2a], fjurado@ujaen.es[2b]

Abstract. This paper presents a model for a fuel cell (FC)-battery powered hybrid system for the Metro-Centro tramway (400 kW) from Seville, Spain. Modeling of each component, implemented in MATLAB/ SIMULINK environment, is briefly presented. Polymer Electrolyte Membrane (PEM) FC and Ni-MH battery models are designed from commercial available components. A new control strategy based on fuzzy logic is present and tested for the energy management system of the tramway. The objective of the strategy is to manage the primary (PEM FC) and secondary (battery) energy source to supply the power requirements of the tramway forcing the FC to work around its maximum efficiency point and maintaining the battery state of charge (SOC) in a desired level.

Keywords: fuel cell, tramway, control strategy, fuzzy logic.

1. Introduction

In recent decades, the application of FC in vehicles has been the focus of increased attention. In contrast to a chemical battery, the FC generates electric energy rather than storing it and continues to do so as long as a fuel supply is maintained. Compared with the battery-powered electric vehicles (EVs), the FC-powered vehicle has the advantages of a longer driving range without a long battery charging time. Compared with internal combustion engine (ICE) vehicles, FC vehicles are more efficient since the energy conversion is direct (i.e. without combustion), and there is no Carnot limitation. FC vehicles using hydrogen are about twice as efficient as ICEs [1]. Moreover, unlike the ICE, FC efficiency is also high at partial loads [2]. Thus, FC vehicles have long-term potential as the mainstream vehicle in the future because they have almost zero emissions and a driving range similar to that of ICE vehicles [3].

Tramways for city and regional transport are considered to be the most likely types of vehicles for an early market introduction of fuel cell technology. Tramways require more power than passenger automobiles, typically about 250 kW or more. They operate in a more demanding operating regime with frequent starts and stops [4]. Nevertheless, the average fuel economy of a tramway fuel cell system is roughly 15% better than that of a diesel engine [5].

This paper focuses on describing a control strategy for a FC-battery powered hybrid system for a real surface tramway and also briefly describes the configuration and modelling of all principal

components. This tramway, called Metro Centro, serves the centre of Seville, a city in Spain. Currently, it operates as catenary-powered tramway. One of the objectives of the Ecotrans research project, leaded by a Spanish consortium and supported by the Spanish Ministry of Science and Technology, is to retrofit it to FC-battery hybrid tramway. This paper presents the advances made in control for the energy management of the hybrid system. The control strategy is based on fuzzy logic and is assessed by simulations for the real driving cycle of this tramway.

The paper is organized as follows. Section 2 presents the configuration and driving cycle of the Metro Centro tramway. Section 3 describes the configuration and modelling of the main components of the FC battery-powered hybrid system for the tramway. Section 4 illustrates the control strategy for the energy management system of the tramway. Section 5 shows the simulation results obtained by this hybrid system and control strategies for the real driving cycle of the Metro Cento tramway. Finally, Section 6 gives the conclusions derived from this research.

2. Tramway description

The Metro Centro is composed of various surface tramways operating in downtown Seville. The project began in 2005 and the first phase was completed in autumn of 2007. The tramway system covers 1.4 km and has seven trains, all of which were manufactured by the Spanish rail equipment manufacturer Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles (CAF).

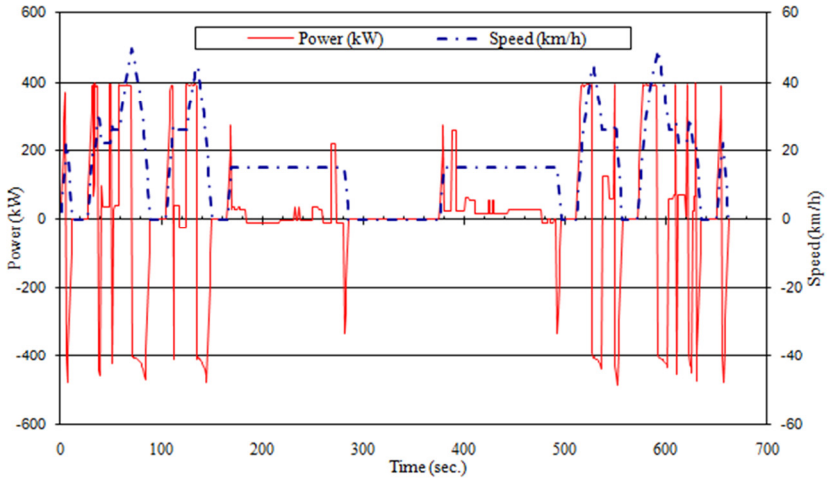


Fig. 1. Tramway speed and power required.

The typical power-speed curve, recorded on the bidirectional tramway route, is shown in Fig. 1. As shown, power requirements for acceleration are very different from the rest, with a maximum power reaching over 400 kW for durations of less than a minute when the tramway starts up or begins to move uphill. For the rest of the 660 s cycle, the power requirements are low or zero in stopping or braking events. Such braking events show the regeneration capability of the system.

Apart from the traction power, it is important to consider the electrical auxiliary services that include fans, steering, air conditioning systems, etc. Although these loads vary throughout the cycle, it can be accounted as a constant average load, in this case, of over 61 kW.

3. Fuel cell-Battery Hybrid System

The proposed hybrid system uses a PEM FC as primary energy source of the tramway. It is connected to a boost-type unidirectional dc/dc converter which raises the low dc voltage delivered by the FC to the traction standard dc bus.

A rechargeable battery is used as electrical energy storage unit to supplement the output of the FC during tramway acceleration and cruise and for energy recovery during braking.

The tramway loads supplied from the two energy sources are the auxiliary services and the traction system. The auxiliary services module represents the power consumption due to the tramway auxiliary equipment (lighting, air conditioning...).

Fig. 2 shows the proposed configuration of FC-battery powered hybrid system for the tramway. It is composed of: 1) PEM FC System; 2) Ni-MH battery; 3) dc/dc converter; 4) tramway loads; and 5) braking chopper.

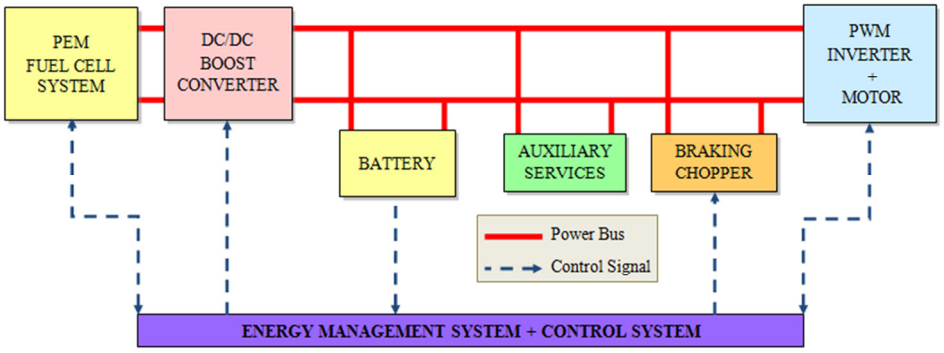


Fig. 2. Purposed model of hybrid tramway

3.1. Fuel cell

As previously mentioned, a PEM FC is the best option for public transport. Thus, a commercial FC from Nuvera is considered in this work [6]. Since this type of FC generates a nominal power of 127kW-235V, two of these FCs are generally connected in parallel in order to achieve a total net power of around 220 kW.

A reduced model of a PEM FC is used in this study, which is a simplification of the complete mode l described in [7].The capability of this reduced model to represent the FC response is demonstrated in [8] and in [9].

The individual efficiencies of the FC (η_{FCi}) and the FC system (FC and compressor, η_{FCSi}) are calculated with the following expressions [10]:

$$\eta_{FCi} = \frac{V_{cell}}{E^{0}_{cell}} \tag{1}$$

$$\eta_{FCSi} = \frac{P_{fc}}{P^{in}_{H2}} \tag{2}$$

Where V_{cell} is voltage generated by the PEM-FC, E_{cell0} is the standard-state reversible voltage and P_{H2}^{in} is the incoming hydrogen power P_{H2}^{in} which is calculated according to [11].

3.2. Battery

Many battery systems have been tested in hybrid vehicles (transit buses, light trucks, and tramways). Such systems use Pb-Acid, Ni-Cd, Ni-MH, or Li-ion batteries. Most of the battery-powered and hybrid vehicles tested and marketed to date have Ni-MH batteries [12]. These batteries present suitable

endurance and reliability, and besides they can be charged very rapidly which makes them ideal for use in hybrid cars with range extenders, or in a vehicle, such as a bus or tram, which can be recharged during frequent stops.

For this reason, the tramway hybrid system described in this paper includes a Ni-MH battery, whose characteristic parameters were selected from a commercial battery module [13], Saft's NHP 10-340 12V, 34 Ah. It was modelled by the Ni-MH battery model included in SimPowerSystems [14].

3.3. DC/DC Converter

A classical dc/dc boost converter [15] is selected as FC power converter, which adapts the dc voltage delivered by the FC, 235V at its rated power, to the 750V traction standard dc bus.

The boost converter is based on the current control loop. An appropriate control of the fraction of time that the converter is conducting (duty cycle) allows the FC current control. Acting on the principal switch gate signal, it is therefore possible to determine the distribution of the power load between the two energy sources, FC and battery.

3.4. Traction Motor Drives and Auxiliary Services

In this work, these loads have been modelled so simple because the goal of this paper is the comparison of the two control strategies. Thus, the loads have been modelled as a controlled dc current source connected to de dc bus. This current is a function of the power consumption and the dc bus voltage. Traction motor load appears in figure 1, and respect to the auxiliary services, the tramway presents power consumption around of 61 kW in all the cycle.

3.5. Braking Chopper

In regenerative braking, some of the kinetic energy is converted into electrical energy and stored in the battery in order to be used during the next acceleration, or whenever it is needed. However, part of the regenerative braking energy must be dissipated in the braking resistor when it cannot be absorbed by the battery because of its limitations.

4. Energy Management System

The control used for the EMS of tramway is based on fuzzy logic controller, which is quite suitable for the control of hybrid energy systems. Fuzzy logic facilitates the representation in digital computers of this kind of knowledge through the use of fuzzy sets. From this basis, fuzzy logic uses logical operators to collate and integrate this knowledge in order to approximate the kind of reasoning common in natural intelligence [16].

The fuzzy logic controller presented in this paper has two input variables and one output variable. The input variables are the load power demanded by the tramway (P_{load}) and the battery SOC. The output variable is the reference power from the FC (P_{fc_ref}). The power required from the battery is calculated as difference between the total power demanded by the tramway and the power required from the FC system. The difference between FC reference and actual power is used in a PI controller to generate the duty cycle of the boost converter. This control scheme is depicted in next figure.

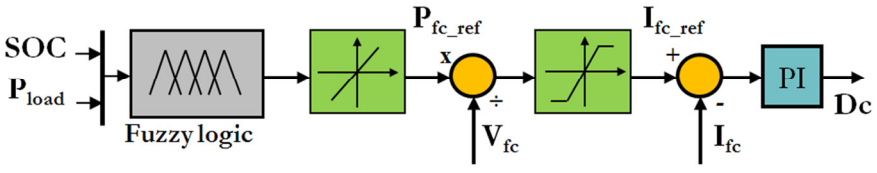


Fig. 3. Fuzzy logic based control scheme.

The performance of an energy management strategy based on fuzzy logic is determined by the number and shape of the membership functions of each fuzzy variable, and by the selection of rules, which are essential for increasing the vehicle efficiency and maintaining the battery SOC. The membership functions of the input and output variables are shown in Fig. 4. The specification of the rules of the fuzzy logic controller depends on the designer knowledge about the supplies and traction device constraints; intuitive and practical aspects regarding the propulsion mechanism dynamic behaviour; and successive experiments to assure the process's robustness and reliability [17]. The rule base is shown in Table 1. For example, if the load power demanded by the tramway is "PB" (positive big) and the battery SOC is "M" (medium), then the power required from the FC system is "VB" (very big).

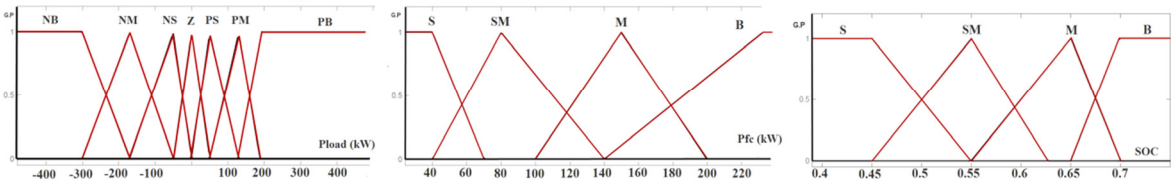


Fig. 4. (a) Battery SOC membership function (input variable), (b) load power membership function (input variable), and (c) FC power membership function (output variable).

		Demanded load						
		NB	NM	NS	Z	PS	PM	PB
SOC	Small	*S*	*SM*	*SM*	*M*	*M*	*B*	*B*
	Small-Mediur	*S*	*S*	*SM*	*SM*	*M*	*M*	*B*
	Medium	*S*	*S*	*S*	*SM*	*SM*	*M*	*B*
	Big	*S*	*S*	*S*	*S*	*S*	*SM*	*M*

Table 1: Rule base.

5. Simulation

The proposed hybrid system and control strategy have been tested for the real drive cycle of Metro Centro tramway. The following figures show the simulation results.

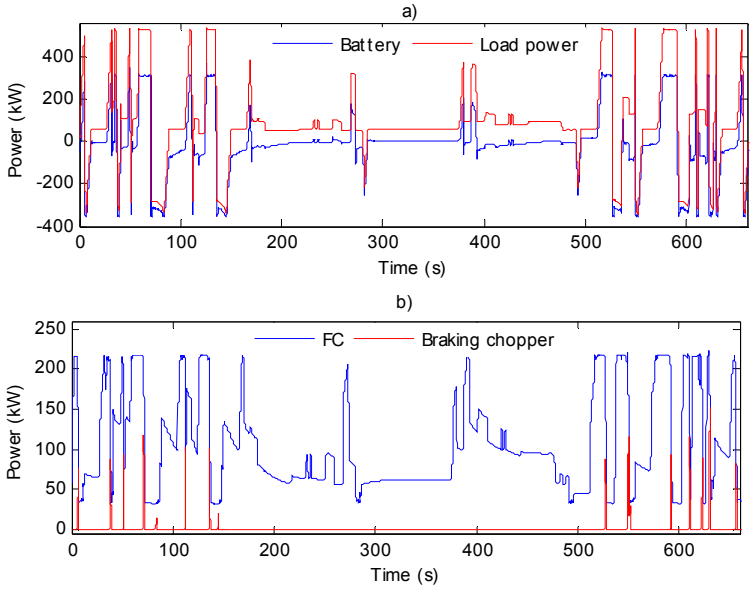


Fig. 5. (a) FC output power, (b) battery power, (c) Load power, and (d) power dissipated at braking chopper.

Figs. 5 shows the power for each one of the components of hybrid tramway: load, battery, FC, and braking chopper. As can be seen, when the tramway accelerates, it demands higher power, so that the FC system tries to generate its maximum power (220kW) and the battery supplements to FC, producing the rest of the power required by the tramway during the acceleration. In the case of deceleration, regenerative braking (negative load power) is produced, so that the battery is charged for energy recovery. However, in order to avoid excessive charging, the braking resistor dissipates energy whenever the battery reaches its maximum charge power. Once the tramway stopped, only the auxiliary services are necessary to be fed, in this case, from the power generated by the FC.

The battery SOC evolution is shown in Fig. 6. Note as the fuzzy logic control achieves maintains the battery SOC around the desired value (65%). The maximum variation obtained during the simulations is lesser than a 7 %. Besides, this figure shows the hybrid vehicle and the FCS efficiency, obtaining an average value of 48% and 50% respectively. Comparing these results with the obtained using the state control already present in [9] and in [11], (HV efficiency 45% and FC efficiency 52%) it can be observed an improved in the HV efficiency with a minor decreasing of the FC efficiency. On the other hand, comparing now the hydrogen consumptions, with this control a final value of 1.1 kg is obtained, while with the control shows in [9] the final hydrogen consumption is 1.05 kg. This lithe difference is due principally to the worse result obtained in the FC efficiency with the fuzzy logic control.

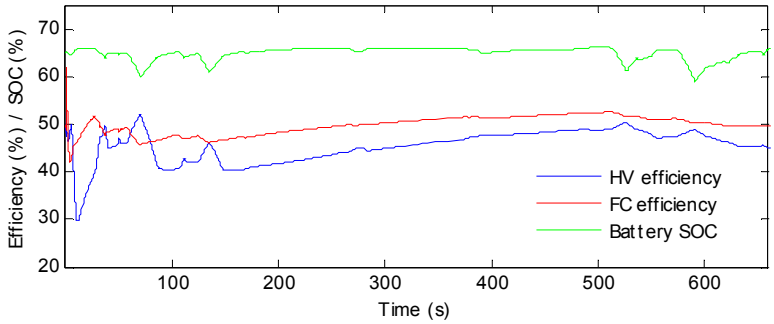


Fig. 6. (a) FC and HV efficiency and (b) battery SOC.

6. Conclusions

This paper has presented a FC-battery powered hybrid system for the Metro Centro tramway (400 kW) from Seville, Spain. This new hybrid system is based on two PEM-FC of 127 kW connected in parallel as primary energy source and a group of Ni-MH batteries as secondary energy source. The aim of this paper is to evaluate the behaviour of this tramway following its real driving cycle when the fuzzy is used as energy management system.

As observed, the results demonstrate the hybrid system capability to meet appropriate driving cycle. Simulations results shown as this control maintain the battery SOC around the desired value, obtaining a FC system and HV efficiency very similar to the control presents in [9] with a hydrogen consumptions practically equal in both cases.

And finally, because the FC power is distributed equitably between the two FCs, each FC works with an output power between 7.5 and 110 kW. Thus, it may result in a prolongation of the FC life because it is not made operate at low power density.

Acknowledgement

This work was supported in part by Hynergreen Technologies S.A. and by the Cenit Program from the Centre for the Development of Industrial Technology, Spanish Ministry of Science and Technology, under the Ecotrans research project. A national industries consortium, leaded by CAF (Construcciones y Auxiliar de Ferrocarriles), and to which belongs Hynergreen Technologies, is working in this project for the development of ecological technologies for urban transport.

References

[1] J. Larminie , and A. Dicks. Fuel cell systems explained. John Wiley & Sons, England (2003)
[2] C.Yang. "Hydrogen and electricity: parallels, interactions, and convergence". International Journal of Hydrogen Energy, 2008, Vol. 33, pp. 1977-1994.
[3] Granovskii M., Dincer I. and Rosen M. A. "Life cycle assessment of hydrogen fuel cell and gasoline vehicles". International Journal of Hydrogen Energy, 2003, Vol. 31, pp. 337-352.
[4] Sammes, N. Fuel cell technology: researching towars commercialization. Springer, England(2006)
[5] Hoogers G. Fuel Cell Technology Handbook. CRC, Boca Ratón, (2003).
[6] Fuel Cells, Nuvera. Available from: http://www.nuvera.com/pdf/Andromeda_v2.pdf. (2009).
[7] J.T. Pukrushpan, A.G. Stefanopoulou, and H. Peng. Control of Fuel Cell Power Systems: Principles, Modeling, Analysis, and Feedback Design. Springer Verlag, London (2002).
[8] P. García, L. M. Fernández, C. A. García, F. Jurado. "Comparative study of PEM fuel cell models for integration in propulsion systems of urban public transport". Fuel Cells, Wiley. 2010, Vol. 10, nº 6. pp. 1024-1039.
[9] P. Garcia, L.M. Fernández, C.A. Garcia, J.P. Torreglosa, F. Jurado. "Reduced model of a commercial PEM fuel cell for hybrid systems of urban public transport" Congreso Científico Internacional de Ingeniería (CCII 2010). 2010. Vol.1. pp. 69-75.
[10] P. Corbo, F.E. Corcione, F. Migliardini and O. Veneri. "Experimental assessment of energy-management strategies in fuel-cell propulsion systems". Journal of Power Sources. 2006. Vol. 157, nº 2 pp. 799-808.
[11] L. M. Fernández, P. García, C. A. García, J. P Torreglosa, F. Jurado. "Comparison of control schemes for a fuel cell hybrid tramway integrating two dc/dc converters. International Journal of Hydrogen Energy, Elsevier, 2010. Vol. 35, pp. 5721-5744.
[12] Burke, A. Batteries and ultracapacitors for electric, hybrid, and fuel cell vehicles... Proc. IEEE. 2007. Vol. 95, nº 4, pp. 806–820.
[13] Saft, NHP Module High power Nickel-metal hydride module. Avaliable from: http://www.saftbatteries.com/doc/Documents/rail/Cube786/NHP_pdt_ en_1105.dd0725e3- bf9e-453a-a218-d96f64ef6675.pdf. (2003).
[14] SimPowerSystemsTM, Reference, Hydro-Québec and the MathWorks, Inc., Natick, MA, (2008)
[15] Skvarenina., T. L. The Power Electronics Handbook. CRC, Boca Ratón. (2002)
[16] J, Abonyi. Fuzzy Model Identification for Control. Birkhäuser, Boston. (2003)
[17] Ferreira A.A., Pomilio J.A., Spiazzi G., Silva A. "Energy management fuzzy logic supervisory for electric vehicle power supplies system", IEEE Transactions on Power Electronics, 2008. Vol. 23, pp. 107-115.

Air conditioning in Algeria using geothermal resources

Wahiba Bendaikha [1], Salah Larbi [2]

[1] Centre de développement des énergies renouvelables, BP 62 Route de l'Observatoire Bouzaréah, Algiers, Algeria, w_bendaikha@yahoo.com
[2] Department of Mechanical Engineering, Ecole Nationale Polytechnique, 10 Avenue Hassen Badi, BP 182 El-Harrach, 16200 Algiers, Algeria, larbisalah@yahoo.com

Abstract. In Algeria the air conditioning is very budget in terms of energy consumption. A solution lies in exploitation of renewable resources such as geothermal.

Control its energy consumption by improving the thermal insulation is the first step wisely, but the use of geothermal energy can afford to go further because of its independence of climatic conditions, its local presence and its respect of the environment.

In 2008, as a part of a program to promote clean and renewable energy of the Ministry of environment and Directory of the environment of Saida city located in NW of Algeria, the first geothermal air conditioning system has been implemented by AL SOLAR Algerian Company in a isolated primarily school "Si Ben Salah" located in NW of Algeria.

The system is constituted of three sub-systems: heat recovery, heat pump and fan coil; it allows the heating and cooling of a school lunch room of 250 students. The temperature of the "Sidi Aissa" hot spring is 47 °C. In this paper we can see the detailed of the system implementation and how it work in hot and cold seasons.

Keywords: Geothermal, fan coil, heat pump, air conditioning.

1. Introduction.

En Algérie la climatisation est très budgétivore en matière de consommation énergétique. Une solution se trouve dans l'exploitation des ressources naturelles non conventionnelles telles que la géothermie. Maîtriser les consommations énergétiques en améliorant l'isolation thermique est la première étape à privilégier. Mais le recours à la géothermie peut permettre d'aller plus loin en raison de son indépendance des éléments climatiques, sa présence locale et son respect de l'environnement. La géothermie consiste à prélever l'énergie présente dans les terrains ou dans les aquifères superficiels pour la transmettre à une habitation via une pompe à chaleur.

Cette technique allie performance énergétique, économique et environnementale pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

L'Algérie dispose d'un potentiel géothermique appréciable. Si les réservoirs existants sont de type basse à moyenne enthalpie, l'utilisation directe de cette énergie dans différents domaines permettra

certainement l'économie de plusieurs centaines de Mégawatts. La compilation des données géologiques, géochimiques et géophysiques a permis de tracer une carte géothermique préliminaire. Plus de deux cent (200) sources chaudes ont été inventoriées dans la partie Nord de l'Algérie. Un tiers environ (33%) d'entre elles ont des températures supérieures à 45°C [2]. Une application est citée dans l'article de Semmar et al. [1] qui ont fait la conception, la construction et l'expérimentation d'un système de chauffage approximativement de 100 bungalows du complexe de Hammam Chellala (Guelma) à partir de l'eau chaude géothermique. L'eaux thermales est parmi les plus chaudes au monde (environs 98 °C).

La première application consernant la climatisation géothermique a été réalisé dans le cadre d'un programme de promotion des énergies propres et renouvelables du ministère de l'environnement et de la direction de l'environnement de la wilaya de Saïda, un système de climatisation géothermique [3] a été mis en place à l'école primaire Si Ben Salah, située à proximité de Hammam Sidi Aïssa (la température de l'eau thermale est de 47 °C).

Une étude expérimentale approfondie a été effectué sur cette installation de climatisation par une pompe à chaleur air/eau avec utilisation de l'eau issue d'une source géothermale, l'installation permet la distribution de la chaleur et le froid par des conduites d'air pour la climatisation d'une salle de cantine d'une école primaire « Si Ben Salah » de 250 élèves située à Sidi Aïssa 6 Km de la wilaya de Saïda. Des résultats concluant ont été obtenus montrant l'efficacité d'installer un système de climatisation géothermique en Algérie.

2. Description de l'installation de climatisation géothermique

Cette installation, qui est alimentée à partir d'une source thermale dont la température est de 47ºC avec un débit de 25 m^3/h, est composée essentiellement de trois sous systèmes (fig. 1):

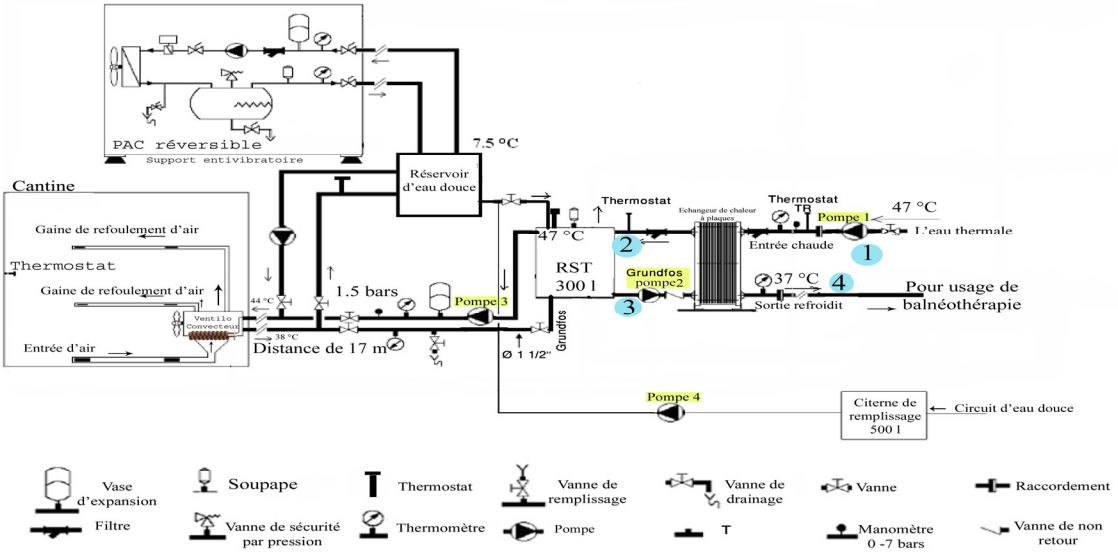


Fig.1 Schéma de l'installation de climatisation étudiée.

• Un système de récupération de la chaleur géothermique (figure 2) dont le point (1) représente l'entrée d'eau chaude provenant de la source géothermale, le point (2) est l'entrée du réservoir de stockage thermique (RST), le point (3) est le point de retour à la source géothermale, le point (4) est la

sortie du RST, le point (5) représente la pompe verticale Grundfos (pompe 1), les points (6,7) est une pompe Grundfos à vitesse variable (3 vitesse) (pompes 2 et 3 respectivement).

Le point (8) est une pompe type France SCM-20 ST (pompe 4) destiné pour la régulation de l'eau, le point (9) est le vase d'expansion de capacité (20 L), le point (10) est le RST de capacité 300 L, le point (11) est le manomètre qui mesure les pressions allons de 0 à 7 bars, le point (12) une valve de détente, le point (13) représente le thermomètre, le point (14) est la soupape d'échappement, le point (15) représente l'échangeur de chaleur à plaque.



Fig.2 Système de récupération de la chaleur géothermique.

Le système est composé de deux circuits d'eau, le premier prend l'eau chaude du puits placé dans la station balnéaire proche de la salle de cantine scolaire, dont la température de l'eau est de 47 ºC avec un débit de 25 m^3/h. L'eau chaude circulera à du RST ºC avec un débit de 4 m^3/h dans l'échangeur à plaques et revient vers la source à une température de 37,5 ºC.

• Un système de ventilo-convecteur constitué de deux circuits d'eau et d'un circuit d'air pour le chauffage de la cantine en saison hivernale et la climatisation. Le circuit d'air est constitué d'une gaine d'aspiration et de deux gaines de refoulement (figure 3).



Fig. 3 ventilo-convecteur dans la salle de cantine.

Dans le circuit de la pompe 2 l'eau propre circule dans une boucle fermée qui portera la chaleur au ventilo-convecteur pour sa distribution à l'intérieur de la salle de cantine.

• Une pompe à chaleur air - eau qui assure la climatisation durant toute l'année (figure 4 et 5). Ce deuxième système d'exploitation de la chaleur géothermique, est un système composé par une pompe à chaleur air-eau de série Hidropack IWEB 120 de Ciatesa, ce système est totalement autonome et sert d'un appui à un chauffage dans le cas où le système principal ne fonctionne pas par maintenance, basse température du puits, etc. … et de plus elle assurera la climatisation durant toute l'année.

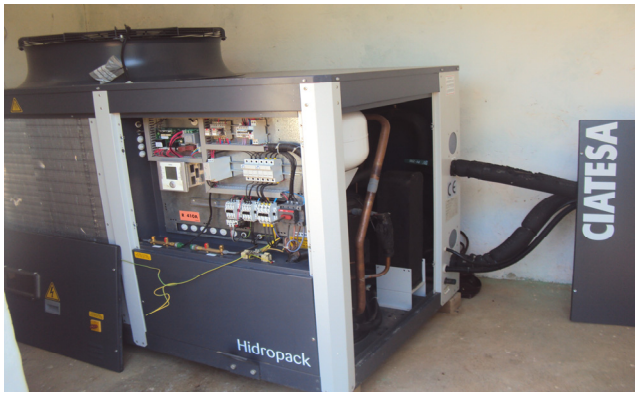


Fig. 4 La pompe à chaleur.

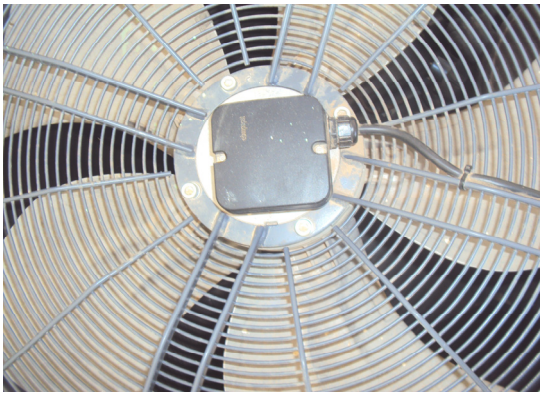


Fig.5 Le ventilateur de l'évaporateur.

3.2 Le réservoir de stockage thermique

Après déclenchement de la pompe (1) à une pression de 1.5 bars qui pompe l'eau thermale, la pompe (2) aspire l'eau du réservoir de stockage thermique (RST) et le fait retourné vers l'échangeur à plaque, la pompe 3 fonctionne pour pomper l'eau chauffé du RST vers la cantine ou plus précisément vers le ventilo-convecteur qui chauffe la cantine par convection forcée.

L'évolution de la température dans le RST montre l'efficacité de l'échangeur à chaleur à plaque CIATESA qui peut maintenir cette température même en cours de chauffage de la cantine scolaire.

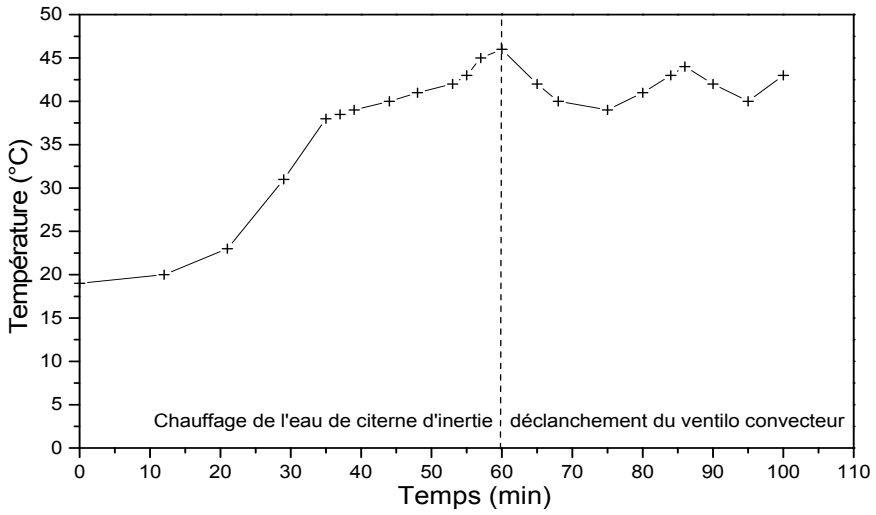


Fig. 6 évolution de la température dans le RST en mode chauffage.

Dès que la température atteint les 46 °C, nous déclanchant la pompe (3) pour faire circuler l'eau chaude dans le circuit du ventilo-convecteur.

3.3 Fonctionnement du ventilo-convecteur en mode chauffage

La figure 7 montre les températures de fonctionnement du ventilo-convecteur, nous pouvons voir qu'au début l'eau circule à 42.5 °C et diminue jusqu'à 32 °C en 30 min ; la température de la cantine augmente de 20.5 à 29.5 ° C, ce qui représente une quantité de chaleur approximativement de 35 kW, ce qui peut chauffer la cantine dans les meilleurs conditions.

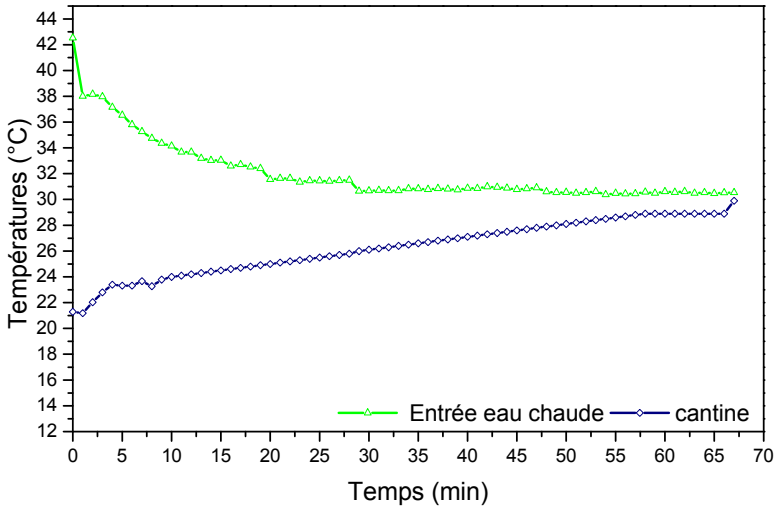


Fig.7 Fonctionnement du ventilo-convecteur en mode chauffage.

Pendant la saison chaude, l'évaporateur qui est un échangeur de chaleur absorbe la chaleur, le condenseur est situé à l'extérieur rejette une quantité de chaleur tel que :

$$Q_c = Q_e + W_c \tag{1}$$

En mode chauffage, les performances du cycle de compression de vapeur sont estimé avec un coefficient de performance COP, et pour le refroidissement, elles sont estimées avec un rapport d'efficacité d'énergie (EER) [4-5] comme suit :

$$COP = \frac{Q_c}{W_{comp}} \tag{2}$$

$$EER = \frac{Q_e}{W_{comp}} \tag{1}$$

L'efficacité du système en mode chauffage a été calculée en utilisant les données du tableau 1 et les équations (1, 2, 3) et a été trouvé de l'ordre de 3. 34, et de tout le système a été trouvé de l'ordre de 2.49 [4-6].

Charges	Puissance (kW)	Débit (m^3/h)
Lampes	45	-
Pompes	1530.49	-
Ventilo-convecteur	1500	3500
L'eau circulant dans le ventilo-convecteur	-	6
Compresseur (pompe à chaleur) R 410A	10500	-
Ventilateur de la pompe à chaleur	490-780	-
Echangeur à chaleur à plaque	-	4
Eau de source géothermale	-	25

Tableau 1. Le profil de charge électrique de la salle de cantine

3.4 Fonctionnement du ventilo – convecteur en mode rafraîchissement

L'étude de l'effet du fonctionnement du ventilo convecteur sur le rafraîchissement de la salle de cantine est présentée dans la figure 8.

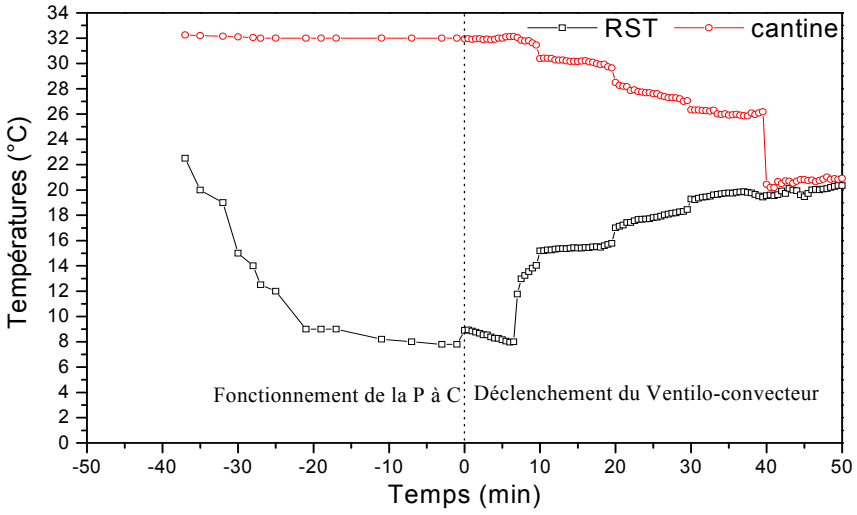


Fig.8 Evolution des températures du RST et de la cantine en mode rafraîchissement

La température initiale de la cantine est à 32°C qui diminue au bout de 50 min jusqu'à 20°C. Nous pouvons également voir le refroidissement de l'eau de citerne d'inertie par la PAC, la température de l'eau diminue de 22°C jusqu'à 7°C au bout de 35 min. la pompe 3 se

déclanche ainsi que le ventilo convecteur, la température de la salle de cantine diminue jusqu'à atteindre les 20 °C.

En mode rafraîchissement le coefficient de performance a été évalué à 11.5 en utilisant les équation (1, 2, 3) et les données du tableau 1 [4-6].

4. Conclusion.

La première expérience en Algérie dans le domaine de la climatisation par pompe à chaleur qui utilise l'eau chaude issue par une source géothermale a été dans une école primaire Si Ben Salah situé à Sidi Aissa dans la wilaya de Saïda.

Une étude expérimentale approfondie a été effectuée pour l'installation de climatisation géothermique située à Sidi Aissa wilaya de Saïda, des résultats satisfaisant ont été obtenue montrant l'efficacité énergétique des pompes à chaleur en alimentant par l'eau chaude géothermale.

L'efficacité du système en mode chauffage a été trouvé de l'ordre de 3. 34, et de tout le système a été trouvé de l'ordre de 2.49. En mode rafraîchissement le coefficient de performance est égale à 11.5, ce qui montre l'efficacité de ce système installer en Algérie.

References

[1] D. Semmar, D. Lafri, A. Hamid, R. Kharchi y S. Sami, "Chauffage des Bungalows de Hammam Chellala par Energies Géothermiques", Rev. Energ. Ren , 2002, (pp. 75-85).

[2] Fekraoui A, Kedaid F-Z, Rezig M, Abouriche M. Atlas des ressources géothermiques du nord de l'Algérie. Internal report. CDER Algiers; 2000.

[3] R. Pablo, K. Mohamed, Project du système de climatisation géothermique en Saida - l'Algérie. Geotermia Solar Technical Guide, Valence, Espagne (2007).

[4] W. Bendaikha, S. Larbi and M. Belhamel, Hydrogen energy system for cooling habitation located in Ghardaïa using TRNSYS 16, *Revue des Energies Renouvelables,* Vol.13, 2010, pp. 275 – 281.

[5] O. Ozgener, A. Hepbasli, Modeling and performance evaluation of ground source (geothermal) heat pump systems, *Energy and Buildings* , Vol. 39, 2007, pp. 66–75.

[6] Wahiba Bendaikha, Salah Larbi, Mahmah Bouziane, "Feasibility study of hybrid fuel cell and geothermal heat pump used for air conditioning in Algeria", International Journal of Hydrogen Energy, 2011, (pp. 4253-4261).

Centro de Coordinación a la Investigación y Gestión para el desarrollo sostenible de la Comarca del Campo de Dalías. Propuesta arquitectónica enmarcada en un nuevo Plan estratégico territorial de Intervención

González Dueñas, María del Mar

[1] Departamento Expresión Gráfica, Arquitectónica, y en la Ingeniería. E.T.S.A.G, Universidad de Granada. Proyecto de Investigación combinado con un Proyecto Fin de Carrera, enmarcado en la temática "Arquitectura en Paisaje Litoral: dinámicas territoriales en litoral andaluz y arquitectura para una nueva sostenibilidad.", de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Granada (E.T.S.A.G), Turorizado por Rafael de Lacour Jiménez, profesor del Área de Proyectos Arquitectónicos.

[2] Datos contacto personal: C/Padre Mendez, n87,bajoA, Almería, CP04006, España
maria.g.duenas@hotmail.com

Abstract. The CIGESOST Center ("*Centro de Coordinación a la Investigación y Gestión para el Desarrollo Sostenible*" of the Comarca del Campo de Dalías) is an architectural proposal that has its origins in a research study that deals with the analysis and deep learning of the *intensive agricultural model* and its deficiencies in terms of territorial planning, along with a more profound awareness in bioclimatic notions. This suggestion has the aim of collaborating with new ideas in the interests of the *sustainable development* of the Region within the frame of a larger territorial proposal, all in all as contributions for a sub-regional self-sufficient model. The CIGESOST is integrated into an "*Intervention Strategic Plan"* whose target is the restructuring of the existing model through a deeper use of modern technologies, a new figure of management and planning in a supra-municipal order, and the establishment of a "Coordinated Participation System" between social and institutional agents in the Region. The Center would take part of an institutional net in the territory whose aim would be to guarantee the coordination of sustainable actions and functions from each of the agents involved. The architectural proposal introduces itself as an exploration in search of a Bioclimatic and self-sufficient Architecture, and of new technologies and materials, transferring concepts from the world of "Intensive Agricultural design" to "Architectural design".

Keywords: Intensive Agricultural model, sustainable development, Management and Coordination Center, Bioclimatic and self-sufficient Architecture and Planning.

1. Introducción.

El análisis en profundidad del modelo agrícola intensivo de la Comarca del Campo de Dalías nos da suficientes indicios del carácter insostenible de su actual modo de ocupación territorial y uso del suelo, así como de sus previsiones futuras de crecimiento. A través de un detallado estudio de múltiples factores influyentes en la evolución de dicho modelo, como lo son los sectores socioeconómicos asociados, infraestructuras creadas en el territorio, sistema de planificación y normativa existente, y el papel que ha jugado la administración en la gestión del territorio; se ha llegado a la conclusión de la necesidad urgente de una reformulación en el sistema de relaciones entre los distintos agentes que intervienen en el desarrollo de la región, de un cambio radical en el Sistema de Planificación y gestión actual, y de una reestructuración del territorio para integrar nuevos mecanismos de generación

energética, gestión de recursos y tratamiento de residuos. Todas estas trasformaciones persiguen como objetivo común y global la consecución de un nuevo y futuro "Modelo Sostenible" para la Comarca, basado en los principios de "Autogestionabilidad" y "Autosuficiencia" energética del Sistema.

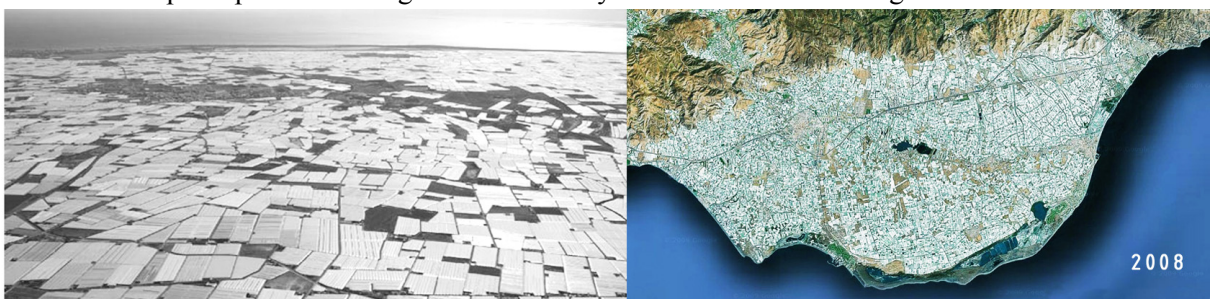


Figura 1. Imagen aérea y satélite (IDE) de la Comarca Campo Dalías.

La exigencia de provocar importantes cambios en el modelo existente viene motivada por el deseo de propiciar una modernización y readaptación del sistema, introduciendo nuevos valores, nuevas formas de generación y cualificación territorial, y nuevas figuras en el territorio. En este sentido, la propuesta del «Centro de Coordinación a la Investigación y Gestión para el desarrollo sostenible de la Comarca» cumple una doble función: una función territorial de coordinación primordial para la puesta en marcha de un nuevo sistema regional autosuficiente y sostenible, y una función de responsabilidad ambiental contribuyendo a la eficiencia energética del sistema global a través de su propia arquitectura. El CIGESOST constituye un ejemplo de cómo podría ser posible integrar estrategias bioclimáticas y técnicas energéticas y de gestión de residuos desde la fase inicial de concepción del proyecto, facilitando así su implantación en el paisaje como un organismo autosuficiente. Por su parte, el «Plan Estratégico Territorial de Intervención» colabora en la inclusión de energías limpias y nuevos mecanismos de gestión energética desde la implantación de un nuevo "Sistema General Ecológico" como nuevo concepto o figura territorial y desde nuevas estrategias de coordinación de los agentes de la comarca a través de un "Sistema de Participación Coordinado" como nueva vía para inducir transformaciones en el tejido actual hacia la Sostenibilidad.

2. Factores determinantes en la evolución del Modelo de Desarrollo de la Comarca.

2.1 Exposición de la situación actual. - Problemáticas identificadas.

La consolidación del modelo agrícola ha sido posible gracias no solo al hallazgo del invernadero y su continuo perfeccionamiento tecnológico, sino también al conjunto de actividades económicas e infraestructuras de apoyo que se han creado en el territorio y que constituyen hoy día todo un "cluster especializado": un sofisticado sistema hídrico de abastecimiento de agua, una fuerte estructura y tejido empresarial altamente cualificado que constituyen tanto el sector comercializador como la industria y servicios auxiliares, una importante red de investigación científico-técnica/público-privada de gran profesionalización y experiencia, y una incipiente red de plantas de tratamiento de residuos agrícolas.

Sin embargo, todas estas infraestructuras de las que depende tanto el desarrollo de la Comarca presentan aún graves deficiencias que condicionan la evolución y el progreso del propio sistema: la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos naturales y la falta de reflexión sobre posibles sistemas de saneamiento que ayuden a reducir los impactos de los lixiviados procedentes de aguas de retorno de riego cargadas de productos fitosanitarios, la incapacidad de asimilar la cantidad de residuos generados por parte de las plantas de tratamiento existentes y la falta de programas de gestión eficaces por la parte de agricultores y administraciones, la descoordinación y necesidad de una estructura organizativa empresarial que permita direccionar su actividad hacia una mayor competitividad y concentración de la oferta en los mercados dotando su producción de un mayor valor añadido en términos de sostenibilidad, y además, la poca traducción y aplicación de forma generalizada de los avances tecnológicos e investigación en el tejido agrícola real.

Otro factor del que depende decididamente el avance y la posible transformación del modelo económico en general, es la Planificación y la gestión administrativa. Sin embargo, el crecimiento desorbitado y desproporcionado del sector agrícola en los últimos 50 años ha desbordado cualquier intento de planificación, y los mecanismos de control de la ocupación y ordenación del territorio puestos en marcha han llegado en muchos casos tarde. Además, los instrumentos de planificación municipales, autonómicos y estatales presentan incongruencias y ambigüedades a la hora de tratar la "excepcionalidad" y "particularidad" de la agricultura intensiva, con lo que durante años esta actividad intensiva se ha considerado al mismo nivel que la agricultura tradicional. Así lo demuestran los numerosos casos de invasión descontrolada de la superficie invernada sobre zonas claramente delimitadas por la legislación y planes de ordenación vigentes. Las Leyes de Costas, Carreteras y Dominio Público Hidráulico, la Ley de Protección de Espacios Naturales, el POTPA - Plan de Ordenación Territorial del Poniente Almeriense- y PGOUS municipales, establecen zonas de 'dominio público', de 'protección especial' y de 'servidumbre, afección o amortiguación' de la actividad que restringen cualquier uso perjudicial sobre el suelo, y sin embargo se ven afectados por la actividad agrícola. Los problemas a los que se enfrenta la normativa actual son: su limitado poder de actuación sobre el tejido agrícola ya consolidado, ya que éste constituye el 76,1% de la Comarca, y la normativa es de única aplicación a nuevas intervenciones en el territorio (carácter 'NO RETROACTIVO'); y su gran 'DESFASE' no solo 'DE TIEMPO' sino también 'DE CONTENIDO', ya que faltan estudios actualizados de la situación agrícola adaptados a la situación de crisis funcional que vive la región, considerar cuestiones de desarrollo y progreso con mayor profundidad y envergadura, e introducir nuevos criterios de Sostenibilidad. Por último, debemos criticar la continua dejadez y pasividad de la gestión administrativa ante los impactos ocasionados por el crecimiento agrícola, su gran permisividad, y la actuación sectorizada e independiente de los distintos municipios de la Comarca.

2.2 Reflexiones acerca de las necesidades del Sistema. - Principios de Actuación.

Del análisis anterior sobre la situación actual, podemos extraer e identificar cuáles son las deficiencias más flagrantes del sistema, que nos ayudarán a encontrar las vías de transformación más adecuadas:

a) La ineficacia de la normativa actual y su incapacidad para provocar cambios en el tejido actual.
b) La visión localista y fragmentada del territorio. La actuación independiente y descoordinada entre administraciones y agentes territoriales, hacen difícil encontrar soluciones a escala comarcal y global.
c) La carencia de objetivos territoriales comunes a largo plazo en términos de equilibrio y sustentabilidad del desarrollo humano, no sólo en la planificación sino entre la sociedad. Se hace necesaria una conciencia de 'participación' y una visión 'globalizada' y 'trasdisciplinar'.

Esta mirada crítica y retrospectiva, nos lleva a la necesidad de encontrar respuestas que partan desde la base de las problemáticas encontradas, llegando así a la conclusión de la necesidad urgente de una reformulación del 'sistema de relaciones' entre los distintos agentes de la Comarca, un cambio radical en el 'sistema de planificación', y una 'reestructuración del territorio' que integre una nueva escala de valores y prioridades para el futuro modelo de crecimiento, así como nuevos mecanismos de generación energética, gestión de recursos y tratamiento de residuos. La pregunta clave es ¿CÓMO? conseguirlo. Cómo hacer posible que los propósitos establecidos puedan llevarse a la práctica, y todo ello se traduzca en una trama real dentro del territorio. Las soluciones aportadas tratan de introducir nuevos conceptos que cambiarán la definición del modelo actual, y que pueden resumirse en "*4Principios de Actuación*" que definiremos de la siguiente manera:

1) La formulación de un Pacto Territorial. Lo que llamaremos **"Sistema de Participación Coordinado"**, para reforzar la coordinación y convergencia de todos los agentes implicados en el desarrollo de la Comarca (ayuntamientos, administraciones, entidades públicas-privadas, sectores económicos, colectivos especializados, y población en general).

2) El establecimiento de un nuevo marco normativo e institucional protegido bajo la definición de una nueva figura de gestión territorial, **"Planes de Gestión Sostenible"**, cuya función será la gestión del desarrollo sostenible en ámbitos territoriales subregionales, en nuestro caso el Poniente Almeriense, asentando así los cimientos de este nuevo sistema de planificación.

3) Fijando las bases de un nuevo **"modelo de desarrollo"** que se establezca como guía de referencia directriz de los objetivos comunes y globales a seguir para alcanzar la Sostenibilidad

4) La introducción de nuevas **"figuras, formas de generación y cualificación territorial, y sistemas"** que partan de la innovación para proponer nuevas tipologías alternativas, entidades y organismos en el territorio capaces de cambiar los modos de relación y gestión actuales.

3. Modernización y readaptación del Sistema. Estrategias de intervención del nuevo "Plan Territorial" para un modelo de autosuficiencia en el ámbito de la planificación subregional.

3.1 Aportación de nuevos valores al territorio. - Futuro Modelo Sostenible.

Los principios que sustentarían el "Futuro modelo sostenible" de la Comarca serían los siguientes:

1) La "*Autogestionabilidad*" y "*Autosuficiencia*" del Sistema. El propio sistema debe ser capaz de gestionar racionalmente tanto lo que consume, como lo produce y desechos que origina. Si además es capaz de aportar sus propios medios y métodos alternativos integrando en su funcionamiento e instalaciones nuevas técnicas de producción, reutilización y reciclaje, lograremos establecer una cadena cíclica y cerrada; es decir, un sistema energéticamente independiente, e incluso inagotable.
2) La "*Tecnología e Innovación*" como instrumento para minimizar los impactos de la actividad humana sobre la naturaleza, y como vía de progreso hacia el desarrollo sostenible.
3) La "*Interdisciplinaridad*", "*Especialización*" y "*Transferencia del conocimiento*"como base fundamental para hacer funcionar un sistema de participación activo entre ciudadanos de la Comarca.

3.2 Reestructuración del Territorio. – Nuevas formas de recualificación territorial.

El régimen urbanístico del suelo distingue entre 'suelo urbano-SU', 'suelo urbanizable-SUble' y 'suelo no urbanizable-SNU', en base a la cual se establece el planeamiento y ordenación del territorio. e propone una nueva reestructuración del territorio, y con ella una nueva caracterización tipológica del suelo. A las tipologías ya existentes, se le sumaría la definición y recualificación de nuevas zonas del territorio con objeto de crear nuevas formas territoriales sobre las cuales seamos capaces de planificar.
Ej. 'Suelo Urbanizable de carácter Agrícola'. Para definir las bases de un modelo agrícola intensivo de reconcentración apoyado en una mayor tecnificación y menor impacto, sobre el cual poder planificar a través de una normativa de regulación propia e independiente.
Ej. 'Suelo NU de Compatibilidad'. Para regular zonas de transición e integración entre usos de distinta naturaleza,permitiendo estrategias de integración paisajística ycompatibilidad, incluido el uso agrícola.
Ej. 'Suelo NU de Hibridación'. Para la implantación compatible con el entorno natural de nuevos sistemas, usos y construcciones asociadas al nuevo "Sistema de Participación Coordinado" que contribuyan a la regeneración sostenible de la región.

3.3 Implantación de un nuevo "Sistema de Participación Coordinado"-SPC.

Consistiría en la instauración de una RED DE INSTITUCIONES Y ACTUACIONES en el territorio cuyo objetivo será favorecer la constitución de un nuevo "Sistema de Administración y Gestión Trasdisciplinar" que asegure el trabajo conjunto y la coordinación de las funciones de cada uno de los agentes implicados en el desarrollo de la Comarca. Organismos especializados capaces de intermediar en la toma de decisiones para el futuro de la región. Éstos se agrupan en tres subredes diferentes manteniendo siempre una jerarquía de competencias y responsabilidades, distinguiendo la figura del organismo coordinador dentro de cada red que se encargaría de trasferir la información y llevar la

codirección de proyectos en común con otras redes. El estadío mayor dentro de esta jerarquía loocuparía el máximo representante y organismo coordinador por excelencia, encarnado en la figura que se define como "Centro de Coordinación a la Investigación y Gestión para el desarrollo Sostenible".
Las tres redes integrantes del SPC serían las siguientes y estarían compuestas principalmente por:

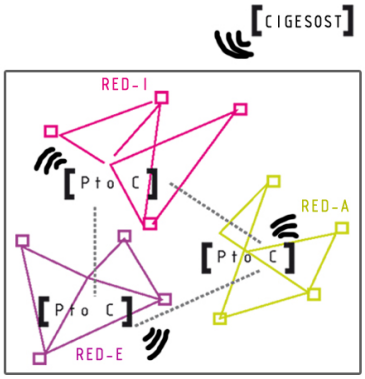


Figura 2. SPC

- **RED-I Investigación** [Centros Investigación + Campos de Experimentación + PtoCOORD]
- **RED-E Económica** [Agrupaciones de Productores Agrícolas en contacto con sector productivo + Institutos Estrategia Económica en contacto con tejido empresarial e industrial + PtoCOORD] con una función estratega y consultativa dentro del territorio.
- **RED-A Ambiental** [Nuevos "Ptos Asimilación Residuos" y"Producción energética" entorno a la creación de un nuevo S.G.E-Sistema General Ecológico-] +[Red Plantas Trata-miento que completaría la ya existente] +[Red Instituciones Ambientales-Conocimiento-Concienciación, ej.Observatorios, Centros Recursos Ambientales, Centros Transmisión cultura sostenible…]

1.1 Introducción de un nuevo "Sistema General Ecológico"-S.G.E.

La propuesta de establecer un nuevo "*Sistema General Ecológico*" en el territorio consiste en la concepción de una nueva infraestructura a escala territorial que sea capaz de integrar la vertiente ecológica dentro de ejes articuladores del territorio. Es decir, se trata de una nueva figura dentro de la ordenación del territorio que se comportaría como un gran sistema general verde que integraría nuevos mecanismos de gestión energética, de recursos y de residuos, así como nuevas instalaciones que ayudarían a la 'autogestionabilidad' del sistema en el ámbito subregional. Sería el soporte de la nueva Red Ambiental establecida por el Sistema de Participación Coordinado dentro del territorio.

El gran interés de dicho "*Sistema General Ecológico*" es que permitiría establecer una relación activa y directa con los agentes del territorio. Se implantaría a lo largo de algunos de los principales ejes de circulación del borde litoral y en conexión con los núcleos de población más importantes de la región; y se acompañaría con el trazado de un nuevo tranvía comarcal que potenciará la creación de un nuevo itinerario de interés ecológico y cultural. Su función consistiría en introducir nuevos puntos de 'asimilación de residuos', 'obtención de recursos' y 'producción energética' localizados, a una escala abordable por los usuarios del sistema, que les permita establecer un sistema de intercambio y gestión alternativo. Estas pequeñas infraestructuras aparecerían como un elemento o artefacto más dentro del mobiliario y ordenación paisajística del sistema, potenciando y marcando determinados polos especializados en el territorio, donde los agentes sociales de la comarca no sólo tendrían acceso a ellos, sino también al conjunto de organismos, instituciones y puntos de información y apoyo que los rodean. Entre de los dispositivos propuestos encontramos instalaciones diversas para la captación de agua, control higrotérmico de zonas delimitadas, sistemas naturalizados de tratamiento de aguas, puntos de encuentro de reciclaje y reutilización, puntos de compostaje y producción de biomasa-biogás, instalaciones solares y fotovoltaicas para el abastecimiento del propio espacio público, y 'bioinvernaderos' integrados en el entorno paisajístico como plataformas para la obtención de biodiesel.



Figura 3. Sistema General Ecológico-S.G.E. (imagen elaborada)

4. "Centro de Coordinación a la Investigación y Gestión para el desarrollo sostenible"-CIGESOST.

4.1 Importancia de la definición de una nueva figura de coordinación en el territorio.

La existencia de una institución real en el territorio que ejerza la función de organismo coordinador, es esencial tanto para la gestión de las acciones llevadas a cabo en todo el dominio subregional para conseguir el desarrollo sostenible de la Comarca, como para la dirección de las funciones y responsabilidades de los agentes implicados, y la mediación de relaciones y contactos en el territorio. Por ello, la nueva figura territorial del CIGESOST, no sólo representará el PTO DE COORDINACIÓN principal o eslabón esencial de la cadena de subredes que conforma el 'Sistema de Participación Coordinado', sino que además desempeñará las siguientes funciones cruciales:

a) **Centro de Coordinación a la Investigación.** El CIGESOST será el encargado de establecer las líneas de investigación principal orientadas al desarrollo sostenible dentro de la RED-I del SPC.
b) **Centro Gestor de Relaciones.** El CIGESOST facilitará las relaciones y contacto entre los diferentes sectores de actividad, entes públicas-privadas y sociedad, actuando de plataforma ciudadana y territorial para colaborar en proyectos comunes. Ejercerá a la vez de '*Organismo Director*' y coordinador del SPC, '*Organismo Intermediario*' entre instituciones SPC, administraciones, organizaciones independientes y ciudadanos, y '*Organismo difusor*'soporte entre la población y la cultura sostenible.
c) **Figura Institucional Administrativa de orden Supramunicipal.** El CIGESOST actuará de organismo oficial encargado de mediar entre las Administraciones locales y Autonómica, haciéndose responsable del cumplimiento de los "planes de acción y gestión Sostenible" proyectados en el ámbito subregional.

4.2 Un prototipo experimental para la integración de Estrategias Bioclimáticas y nuevas Técnicas energéticas y de gestión de residuos en el diseño arquitectónico del edificio.

El desarrollo arquitectónico de la proposición de nueva figura territorial del CIGESOST (como propuesta de Proyecto de Fin de Carrera, enmarcado en la temática "Arquitectura en Paisaje Litoral: dinámicas territoriales en litoral andaluz y arquitectura para una nueva sostenibilidad") ha constituido en sí mismo un ejercicio de exploración e indagación en la búsqueda de nuevos sistemas constructivos y un diseño arquitectónico que integre, desde la propia fase de concepción, materiales, técnicas energéticas y de gestión de residuos, y estrategias bioclimáticas que contribuyan a una arquitectura más sostenible y autosuficiente. En este sentido, la piel del edificio ejerce un papel fundamental como elemento esencial para el ensayo de nuevos materiales transferidos del mundo de la agricultura al mundo de la arquitectura, como soporte principal de técnicas energéticas, y como mecanismo de control climático. Se combinan además técnicas de control pasivo con técnicas activas para la climatización del edificio. A continuación se expone una enumeración de las principales técnicas y estrategias propuestas con una breve explicación:

1.- La utilización de la Piel Exterior Auxiliar del edificio como mecanismo de control bioclimático. Actuaría a su vez de 'Sistema de Condensación' en condiciones de humedades relativas (H.R.) altas y días fríos, y de 'Sistema de Refrigeración Evaporativo' complementario en épocas calurosas y H.R bajas.
2.- La Cubierta del edificio como cubierta energética. Un mosaico de paneles que cumplirían a su vez la función de protección de cubierta, evacuación de aguas y generación energética. Se alternan varios sistemas que intervienen en diversos procesos energéticos del edificio: paneles de 'detoxificación de aguas', 'refrigeración radioconvectiva', 'producción fotovoltaica' y 'paneles solares térmicos'.
3.- Mecanismos de captación y control de la radiación solar incidente + Eficiencia energética a través de la Piel del edificio. En función de las zonas del edificio, se utilizan 'pantallas-pieles de control térmico', la creación de 'microclimas' a través de espacios de transición y espacios tampón intermedios, aprovechamiento del 'efecto invernadero' y 'efecto chimenea' en espacios intersticiales para la climatización de espacios interiores, 'mecanismos móviles energéticos de sobreamiento' y 'mecanismos de ventilación natural'.

4.- Sistema de Detoxificación de aguas en cubierta. Tratamiento de los lixiviados generados en los laboratorios e instalaciones de investigación por fotocatálisis solar para su posterior reutilización.
5.- Máquinas de Absorción como Sistema de climatización auxiliar de apoyo. Aprovechamiento de paneles'refrigeración radioconvectiva' y 'energía residual procedente de paneles solares' en Máquinas de Absorción para climatización en inverno y en verano, como suplemento de los mecanismos propuestos de climatización natural en caso de descenso del rendimiento y eficiencia energética.
6.- Sistema Naturalizado de Tratamiento de aguas residuales. A través de lagunaje sucesivo y tratamiento de macróficas en el entorno paisajístico del edificio.

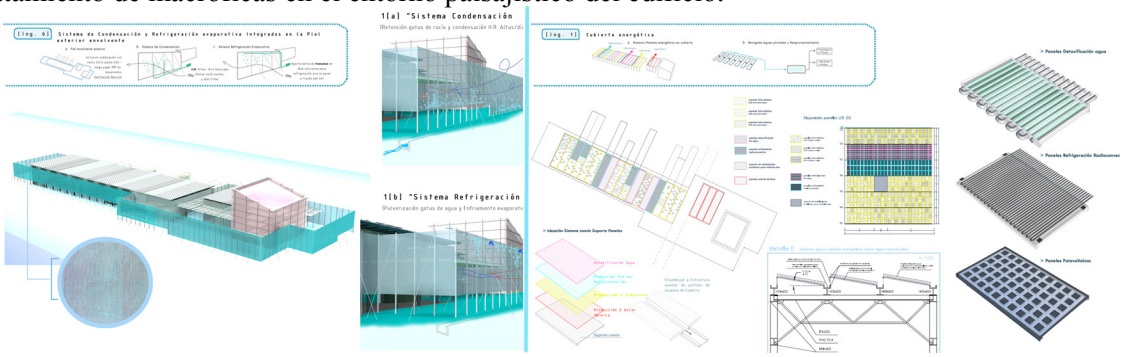


Figura 4. Imágenes de las técnicas propuestas en estrategias [1]"Piel Exterior Bioclimática" y [2]"Cubierta energética".

5. Conclusiones.

El propósito de esta comunicación ha sido defender y demostrar cómo las energías renovables, técnicas de gestión energética, tratamiento de los residuos y obtención y racionalización de los recursos naturales, no son sólo técnicas alternativas para una producción limpia de la energía o la consecución de una mayor eficiencia energética en el ámbito industrial, sino que pueden ser integradas tanto en el urbanismo y la planificación territorial, como en la arquitectura.

Se trata de abordar y afrontar el problema de la crisis funcional de nuestro sistema (desde el estudio del caso particular de la Comarca del Campo de Dalías), poniendo en cuestión los modelos actuales y su efectividad, para aportar nuevos planteamientos, ideas, figuras y formas de gestión en el ámbito territorial desde la innovación, y una mayor creatividad en las construcciones y arquitectura de hoy día. Todo ello, con el objetivo de conseguir un modelo de desarrollo más sostenible y autosuficiente, que sólo será posible si cambiamos las bases de nuestros propios patrones de crecimiento, nuestra cultura, y sobre todo desde los instrumentos oficiales, normativos y administrativos, la investigación y una mejor planificación.

Referencias.

[1] AYUNTAMIENTO EL EJIDO. Plan de Higiene RuralEl Ejido. Área de agricultura y medioambiente. 2002.
[2] AYUNTAMIENTO EL EJIDO. Revisión del Plan General de Ordenación Urbanística de El Ejido. Publicado en: "Boletín Oficial Junta Andalucía, BOJA Núm 122, Sevilla, 25 junio 2009".
[3] AYUNTAMIENTO ROQUETAS DE MAR. Ordenanza Municipal Gestión Residuos Agrícolas, 1994.
[4] CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS. Plan de Ordenación del Territorio del Poniente Almeriense. Dirección General del Territorio y Urbanismo. Junta de Andalucía. 2000.
[5] JEFATURA DE ESTADO. Ley 22/1988, 28 julio, de Costas. Publicado en "BOE Núm 181, 29 julio 1988".
[6] JEFATURA DE ESTADO. Ley 25/1988, 30 julio, de Carreteras. Publicado "BOE Núm 182, 30 julio 1988".
[7] KALTENBACH et al. *Materiales translúcidos.* DETAIL Praxis. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 2007
[8] PUBLICACIÓN "Anuario de la agricultura almeriense 2008". La Voz de Almería, Ed. Novotécnica S.A.
[9] REVISTA ARV, Núm04-05: "Plasticplace-Invernaderos-Plasticscape". C.O.A.A, Almería, Junio 2006.
[10] UNIVERSIDAD DE ALMERÍA y CIEMAT. *Energía solar térmica de baja temperatura.* Máster en energía solar (módulo III). CIESOL (Centro de investigación de la energía solar). 2009.
[11] VALERA,DL., PEÑA,A. Tenso-estructuras como sistemas protección cultivos: Invernadero tipo «Almería». UAL.

Aplicación de la energía solar a la acuicultura continental en áreas frías y aisladas

Rafael Jiménez Castañeda[1], Pedro Julio García Chacón [3] , Maria Luisa González de Canales García [2] , Milagrosa Oliva Ramírez [2] , Julio Fernando García Vargas [3] Adrián Mauricio Castro López [3] Marina Fernández Lora[4] , and Adrián Campos Sanchez [5]

[1] Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cádiz, España, rafael.castaneda@uca.es
[2] Departamento de Biología Celular, Universidad de Cádiz, España, marialuisa.gonzalez@uca.es
[3] Centro de Estudios Marinos y Acuicultura. Universidad de San Carlos. Guatemala.
pjuliogarcia@gmail.com
[4] Desarrollo Agrario y Pesquero. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Cádiz. España.
mflora@dap.es
[5] Departamento de I+D+i. Grupo IGFOTON. Cádiz. España. info@grupoigfoton.es

Abstract. This R&D project is being developed in Guatemala. It has been financed by the AECID, and it represents an innovative application of the solar energy to allow the aquiculture in areas without electric power and cold climates. In this project it is used as much photovoltaic solar energy as thermal solar energy of low temperature.

Keywords: solar energy, photovoltaic, solar hot water, aquiculture.

1. Requerimientos térmicos para el cultivo de la Tilapia

El objetivo general planteado en este proyecto es probar, a escala piloto, la fiabilidad técnica y la viabilidad económica del engorde de tilapia con apoyo de energía solar para su comercialización a pequeña escala, contribuyendo a los objetivos de desarrollo sostenible exigidos a las actividades acuícolas en las políticas de desarrollo regionales de Guatemala.

Como objetivos específicos se pretende determinar la viabilidad técnica y productiva del empleo de energía solar para las labores de cultivo de tilapia, como bombeo de agua y calentamiento de ésta; verificar la idoneidad del uso de energías renovables (solar) en las instalaciones de cultivo de tilapia en Guatemala, como alternativa a otras fuentes de energías menos respetuosas con el entorno y extrapolar los resultados de viabilidad técnica, económica y comercial a agentes sociales de Guatemala que puedan incorporar esta tecnología de cultivo a las instalaciones acuícolas existentes o de nueva creación.

Este proyecto de seguridad alimentaria busca la optimización energética de la instalación a través de un aumento de la temperatura del agua de cultivo mediante el uso exclusivo de energía solar y que se espera mejore el crecimiento de los individuos cultivados, obteniendo una mayor producción en menor tiempo.

El proyecto se desarrolla en Cobán (Departamento de Alta Verapaz) en Guatemala, zona con población mayoritariamente indígena (Q'etchí). Esta población, en su mayoría no castellano parlante, está integrada por jóvenes y mujeres en alto riesgo de exclusión social y con grandes carencias en su alimentación.

La Tilapia es uno de los peces más cultivados en diferentes regiones del mundo ya sea por métodos extensivos, semintensivos o intensivos. Es una especie muy preciada en Guatemala, siendo la especie piscícola más cultivada con una importante presencia y demanda en el mercado nacional durante todo el año y con precios interesantes.

El sistema de cultivo utilizado en este proyecto es de tipo semi-intensivo, este sistema se caracteriza por introducir alevines de tilapia, producidos en las instalaciones del Centro de Estudios Marinos y Acuicultura (CEMA) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, desde pesos de 7-10 g y que serán cultivados hasta la talla comercial de unos 500gr, en densidades medias.

El cultivo se realiza en tanques circulares, donde un sistema de bombeo de agua cubre las necesidades de renovación y oxigenación del agua de cultivo. Como uno de los propósitos fundamentales e innovadores de esta experiencia piloto, el cultivo propuesto es energéticamente sostenido por energía solar fotovoltaica y uno de los objetivos de la experiencia piloto, es determinar el efecto del calentamiento de agua sobre el crecimiento a lo largo del ciclo de cultivo.

Los peces son animales poiquilotermos, es decir, su temperatura corporal depende de la temperatura del medio. El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapia fluctúa entre 28 y 32°C. Por ello el cultivo de esta especie en climas fríos presenta un serio inconveniente que compromete la viabilidad del cultivo.

Para ello, se hará una comparativa entre la talla de peces cultivados a 20ºC (temperatura del agua que llega a la planta) y a 28ºC, utilizándose una planta de energía solar térmica para el calentamiento de la misma.

En la fase de experimentación, se estudia la relación de los factores asociados al agua con la productividad de la instalación piloto. Así las variables que se controlan son: Oxígeno disuelto, temperatura, pH, TAN, biomasa, biometría, mortalidad, suministro de alimento y consumo energético.

Finalmente, y considerando que el objeto de la experimentación piloto es "Conseguir la viabilidad económica del engorde de tilapia con apoyo de energía solar para su comercialización a pequeña escala", para el análisis de los resultados se estudiará:

- Comparativa de crecimientos, por rangos de edad, y por ciclo de cultivo, entre los tanques con Tª 20ºC (proveniente de la captación natural) y los tanques en los que se ha calentado la Tª 28ºC.
- Costes económicos de la utilización de energía solar como fuente de suministro energético para el proceso de cultivo acuícola (calentamiento de agua, sistema de bombeo, etc).
- Estudio de la viabilidad de la utilización del calentamiento de agua empleando energía solar, con respecto a los tiempos y tallas en los que se alcanza la talla comercial de la tilapia, extrapolándolo a la situación de una empresa real, en una comunidad rural en Guatemala.

2. Solución mediante aporte solar al problema de baja temperatura para el cultivo de la Tilapia

Se describe a continuación la instalación solar llevada a cabo en la planta piscícola compuesta por energía solar térmica, para el acondicionamiento de temperatura para la cría de tilapia en climas fríos, y energía solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica, evitando el uso de energías convencionales.

El cultivo de la tilapia es propicio principalmente en climas cálidos, encontrándose fuera de esta característica el municipio de Cobán. Por ello, se propuso mejorar esta actividad propiciando condiciones óptimas de desarrollo, traducido en una adecuación de la temperatura de crecimiento, que permitiera mantener un nivel de crecimiento adecuado a las necesidades existentes.

Así para poder desarrollar la fase experimental que permita determinar la influencia de calentar el agua de cultivo mediante energía solar se han instalado seis tanques de cultivo, cada uno de 19,8 m^3, tres dedicados al desarrollo de tilapia a la temperatura dada bajo condiciones ambientales, y los tres restantes en las condiciones de temperatura mencionadas, en torno a los 28ºC.

Referente al bombeo del agua, se ha instalado una bomba sumergible con una potencia de 900 W. El suministro eléctrico de la bomba se lleva a cabo por medio de energía solar fotovoltaica, constituida por módulos monocristalinos de 140 W cada uno. La bomba instalada presenta la característica de poder ser utilizada directamente con energía fotovoltaica, utilizando de esta forma únicamente un regulador, sin necesidad de inversor ni baterías. De esta forma, el caudal de la bomba varía en el día dependiendo de las condiciones de radiación existentes.

Las necesidades de intercambio diario de agua para una correcta oxigenación de los tanques de cultivo requirieron la colocación de dos tanques de almacenamiento con un volumen de 7 m^3 cada uno. La existencia de dos tanques permite así mantener las líneas de agua fría y agua caliente independientes. De igual forma, y buscando una seguridad en el suministro de agua, fueron colocados unos tanques secundarios de acumulación, que prevengan el suministro de agua durante un día completo en caso de fallo en alguno de los tanques principales o en el suministro de agua.

En el caso de la línea de agua fría, figura 1, tras ser acumulada en el tanque principal y secundario, pasa directamente a los tres tanques de cultivo de agua fría existentes, que presentan un volumen, como se ha comentado, de 19,8 m^3 cada uno.



Fig. 1. Línea de estanques fríos para cultivo de Tilapia en condiciones naturales.

En el caso del suministro de agua caliente, tras el primer tanque de acumulación el agua es conducida a un tanque de 7 m^3, constituido por dos acumuladores de 3,5 m^3. Dicho suministro se ha llevado a cabo de igual forma, aprovechando la energía potencial ofrecida por el desnivel del terreno. En estos tanques son en los que se realiza el intercambio energético por energía solar.

2.1 Sistema de calentamiento del agua por energía solar

Para el calentamiento de 7 m^3 diarios de agua, se ha llevado a cabo la instalación de 35 captadores solares térmicos, dispuestos en baterías mediante 7 filas contando cada una de 5 captadores. Dicha configuración fue marcada por la disposición del terreno existente, como puede observarse en la figura 2, obligando a modificar el diseño original.



Fig. 2. Disposición de la planta solar térmica y fotovoltaica

El circuito primario de la instalación solar, cuya función se centra en el aporte de energía térmica al agua de consumo, en este caso agua destinada a los tanques de cultivo, se compone de las baterías mencionadas de captadores, intercambiador de calor, bomba de circulación, sistema de control y sistemas de seguridad, como se representa en el esquema de la figura 3.

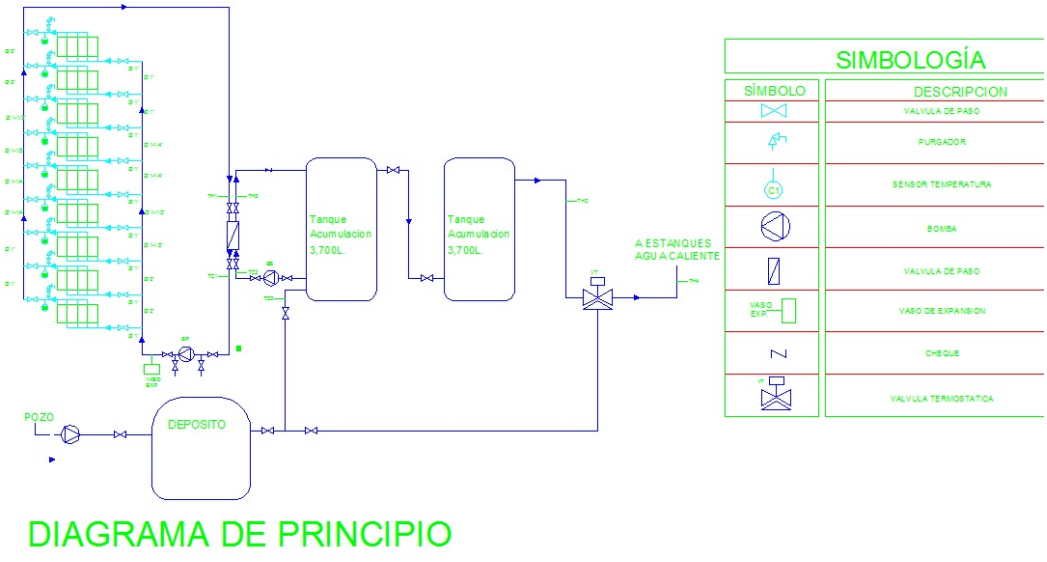


Fig 3. Diagrama de principio de la instalación solar térmica línea caliente de la planta acuícola.

Como fluido caloportador, se utiliza en el circuito primario una mezcla de agua y etilenglicol, al 10%, que permite que en el caso de bajas temperaturas no se produzca una posible congelación del fluido, problema que en principio, considerando los datos históricos de temperatura ambiental de la zona, es muy poco probable que ocurra.

Transferido el calor al fluido del circuito primario, éste se transmite al agua de cultivo por medio de un intercambiador de calor de placas de flujo contracorriente, figura 3, que presenta una potencia de intercambio energético de 15 kW. De esta forma, el calor producido en el área de captadores es transferido al agua de los estanques de cultivo.

Considerando la posibilidad de sobrecalentamientos en el sistema solar, la instalación dispone de medidas de seguridad como purgadores y válvulas de seguridad. En el caso de que se presente evaporación en el fluido caloportador, los purgadores eliminan el vapor formado, evitando de esta forma la sobrepresión en el circuito. De igual forma, en el caso de sobrepresión sin formación de vapor, las válvulas de seguridad expulsan el fluido manteniendo la presión de trabajo en los márgenes adecuados. Esto se traduce en la expulsión de fluido en el caso de que se produzca una sobrepresión superior a 6 bar.

Calentada el agua de consumo, ésta se dirige a los tanques de cultivos en los que se encuentran las tilapias.

Para un correcto desarrollo de la instalación, se ha procedido a instalar una centralita de control que permite el funcionamiento automático de ésta. Para ello, se han instalado dos sensores de temperatura Pt 1000 en uno de los tanques de acumulación de agua caliente y en el tramo del circuito primario que presenta la mayor temperatura, es decir, en la entrada al intercambiador de calor del circuito solar. Mediante una medida diferencial, y en función de la lectura dada en los sensores se produce el accionamiento de las bombas que permiten la circulación del fluido caloportador y del agua de cultivo, llevándose a cabo el intercambio energético en el caso de que el agua acumulada no presente la temperatura deseada. De igual forma, el sensor presente en el acumulador asegura una temperatura de acumulación de 30 ºC como máximo.

El accionamiento de estas bombas se lleva a cabo, al igual que la bomba situada en el pozo, por medio de energía solar fotovoltaica. La diferencia existente es que en este caso la instalación fotovoltaica destinada a estas bombas incluye la colocación de dos inversores, cada uno de 300 W, que permite acondicionar la corriente eléctrica a las condiciones demandadas por dichas bombas. Se añade además la colocación de baterías que permiten el funcionamiento de las bombas aunque no existan condiciones ambientales óptimas, consiguiéndose una autonomía de funcionamiento, sin aporte solar, de 2,5 días.

Considerando los consumos eléctricos mencionados, bomba del pozo y bombas de circulación de circuitos primario y secundario, se ha llevado a cabo una instalación fotovoltaica total de 2,1 kW.

2.2 Reducción de pérdidas térmicas en los estanques calientes

Tras realizar distintas simulaciones mediante software avanzado, se comprobó que las pérdidas de calor en los tanques de cultivo con el medio hacían prácticamente imposible la consecución de las necesidades energéticas mencionadas.

Como solución a este problema, se ha procedido a la instalación de un invernadero que cubre la zona de los tres tanques de cultivo de agua caliente. El invernadero realizado es de tipo asimétrico, de forma

rectangular que facilite la ventilación, presentando en la parte más alta 3,5 m de altura, y en la más baja 2,5 m. Se ha utilizado para ello polietileno con un grosor de 800 galgas (200 micras, 0,2 mm), como puede verse en la figura 4. El invernadero ha sido colocado en dirección este-oeste, maximizando la cara sur de forma que se capte el máximo de radiación solar. Asimismo las paredes laterales de los estanques calientes han sido provistas de aislamiento térmico a fin de evitar pérdidas por estas superficies. El problema de las pérdidas térmicas en estanques de gran tamaño ha sido una de las dificultades de la instalación.



Fig. 4. Interior del invernadero y aislamiento térmico de los estanques calientes

Considerando los cálculos realizados, se prevé que en ciertas épocas del año la temperatura de los tanques de cultivo de agua caliente sea superior a la temperatura del agua suministrada, debido al efecto producido por el invernadero.

Para ello, se ha procedido a la instalación de un sensor que mide la temperatura de los tanques, de forma que en el caso de que exista mayor temperatura a la suministrada (por encima de 30 ºC), automáticamente se activan dos válvulas de dos vías que provocan que llegue agua fría a los tanques de cultivo, sin pasar por la zona de calentamiento solar, realizando la función de válvula termostática. Una vez conseguida la temperatura óptima, automáticamente se provoca que el agua circulante a los tanques de cultivo pase de nuevo por el proceso de calentamiento solar.

Actualmente la instalación se encuentra en operación, considerando la posibilidad de variar la temperatura de acumulación en los tanques de agua caliente en función de los datos obtenidos de temperatura en tanques de cultivo, que permita una caracterización realista del comportamiento del invernadero, y optimizar de esta forma el proceso para obtener las condiciones óptimas mencionadas para el desarrollo de la tilapia.

3. Conclusiones.

-El uso de energía solar, como energía renovable que es, favorece la viabilidad económica de la planta al reducir los costes energéticos de la operación.

-El uso de energías limpias permite realizar actividades de acuicultura de manera más respetuosa con el medioambiente.

-La aplicación novedosa de calentamiento del agua de cultivo con aporte solar, permite obtener una mayor productividad de la actividad acuícola.

-La posibilidad de alimentación fotovoltaica y calentamiento solar permitirán la implantación de este tipo de pequeñas plantas acuícolas en ubicaciones remotas alejadas de la red eléctrica convencional.

-La experiencia puede ser repetible en otros lugares, contribuyendo al desarrollo local mediante una actividad que apoya la seguridad alimentaria y la actividad económica sostenible.

Agradecimientos.

Gracias a la financiación de AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional y Desarrollo), se ha hecho realidad esta planta piloto que permitirá conocer la influencia del calor aportado con energía solar en la mejora de la productividad de la actividad acuícola.

Agradecer también a IGFOTON Ingenieros, empresa SPIN-OFF de la Universidad de Cádiz, su colaboración en el diseño y simulación por ordenador de las instalaciones solares, especialmente compleja para el caso de la energía solar térmica.

Aspectos geotécnicos en el diseño de cimentaciones geotérmicas

Rubén A. Galindo[1]

[1] Departamento de Ingeniería y Morfología del Terreno,
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos,
Universidad Politécnica de Madrid,
C/ Profesor Aranguren, S/N, 28040, Madrid (España),
e-mail: ragalindoa@hotmail.com

Abstract. The paper focuses on the geothermal utilization in earth contact concrete elements that are already required for structural reasons (piles, diaphragm wall, slabs of foundation, walls or tunnels linings) which simultaneously work as heat exchangers. They are described, formulate and quantify the thermal soil properties and the heat transfer mechanisms in the ground indicating the influence of the soil and the type of foundation for the geothermal utilization. The change of soil properties induced by the temperature and his effect on foundation behavior is considered and recommendations for design are given.

Keywords: energy foundations, temperature effects, geothermal energy.

1. Introducción.

La utilización de la energía geotérmica no solo es posible en el interior de sondeos realizados en el interior del suelo, sino que se pueden aprovechar elementos estructurales como losas, pilotes y pantallas para ejecutar las llamadas cimentaciones termoactivas. El intercambio geotérmico se realiza por un circuito cerrado de tubos de polietileno de alta densidad, instalados en las armaduras de la cimentación y a través del cual circula el agua permitiéndose el intercambio de calor entre este fluido y el terreno. El fluido se conduce a bombas de calor que permiten el aprovechamiento geotérmico.

Los pilotes, losas y pantallas son los elementos de cimentación más utilizados para el intercambio geotérmico, sin embargo, son posibles otros elementos como anclajes activados térmicamente, geotextiles o geomembranas y revestimientos termoactivos de hormigón armado. En definitiva, se ha tratado de activar térmicamente los elementos de hormigón en contacto directo con el terreno para las diferentes obras realizadas, de forma que se posibilite la extracción de energía del terreno circundante.

Se analizará a continuación el estudio del aprovechamiento geotérmico desde el punto de vista del terreno, indicando los mecanismos de transferencia, la influencia de las propiedades del suelo y los factores del terreno que influyen para la aplicación geotérmica a diferentes tipo de obras.

2. Principios de utilización de cimentaciones geotérmicas.

El caso más generalizado de aprovechamiento geotérmico se emplea en edificación, no obstante, como se comentará más adelante, el creciente desarrollo e innovación tecnológica ha permitido su aplicación

a otro tipo de obras que están actualmente implementando dicho recurso y que tras pruebas en obras piloto, investigaciones y monitorización permiten que poco a poco se vayan abriendo camino.

El hormigón tiene una buena conductividad térmica y también una buena capacidad de almacenamiento térmico que lo hace un medio ideal para absorber energía. El buen aprovechamiento de estas propiedades requiere de tubos de polietileno de alta densidad instalados dentro del hormigón, de unos 20 a 25 mm de diámetro y de 2 a 2.3 mm de espesor respectivamente. Los tubos se unen a la armadura de la cimentación y se sitúan de forma que se forma un circuito cerrado por el que circula el fluido que permite transferir el calor; el fluido suele ser agua o agua con anticongelante.

En edificación es dentro de los edificios donde se encuentra el circuito secundario al cual llega y se conecta el circuito primario y permite que la energía térmica se distribuya. El circuito secundario es una red cerrada, de flujo de agua, de calor o frio situada en el edificio y que está embebida en el suelo y paredes de la estructura. Los circuitos primario y secundario están conectados por bombas de calor que incrementan el nivel de temperatura, típicamente de 10 ó 15ºC a 25 o 35ºC.

La experiencia ha demostrado que los sistemas de aprovechamiento geotérmico en cimentaciones termoactivas suponen un ahorro de aproximadamente dos tercios de los costes convencionales de calor generados en el edificio. Además, representan una efectiva contribución a la protección medioambiental proporcionando energía limpia y renovable.

Los parámetros del suelo que influyen en mayor medida en el diseño geotérmico son: el coeficiente de conductividad térmica, la temperatura del terreno y la influencia de las aguas subterráneas. El coeficiente de conductividad térmico obtenido sobre la zona de terreno influenciada por medio de un test de respuesta geotérmica puede distar mucho de los valores de cálculo estimados a partir de recomendaciones bibliográficas, así, como se observa en la figura 1, mayoritariamente los valores estimados han sido mayores que los medidos por medio del test de respuesta geotérmico. Para el cálculo de un sistema de captación geotérmica en cimentaciones termoactivas resulta esencial conocer las propiedades térmicas del terreno para aumentar la eficiencia energética. En el ensayo de respuesta térmica ERT se hace un sondeo, se incorpora la sonda geotérmica y se inicia la circulación de fluido intercambiador sin calefacción hasta alcanzar la temperatura de equilibrio; a continuación, se enciende el equipo de calefacción y se inyecta calor. Se obtienen gráficos de evolución de temperatura, caudal y presión antes y después de la inyección de calor al terreno y determinación del perfil de temperatura, conductividad térmica del terreno y respuesta térmica del sondeo.

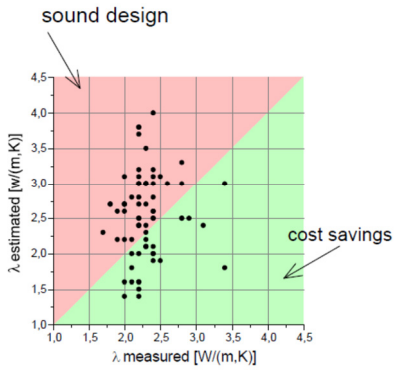


Figura 1: Valores estimados y medidos del coeficiente de conductividad térmica para 54 casos (Sanner et al [1], 2007).

Si se requiere solo calor o solo frio es ventajosa la alta permeabilidad del terreno y un gran gradiente de flujo de agua. Sin embargo, la medida más económica y ambiental es una operación estacional con

un balance de energía a través del año, de forma que se extraiga calor del suelo en invierno y se enfríe en verano; en este caso lo óptimo es la baja permeabilidad del terreno con bajos gradiente hidráulicos.

En suelos secos es necesario profundizar más las cimentaciones y un mayor área de contacto para intercambiar calor, dependiendo de las propiedades del suelo y de la profundidad de los intercambiadores de calor, se estima que 1kW requiere unos 20 m^2 (suelo saturado) a 50 m^2 (en arena seca) de la superficie de la estructuras de hormigón en contacto con el terreno y agua subterránea.

Evidentemente, hay que mencionar que cuanto más penetra la sonda térmica en el terreno mayores son las temperaturas a las que accede, pudiéndose extraer más energía del terreno; además, la mayor distancia entre sondas permite mayor volumen de terreno explotado y menor influencia reciproca entre sondas. Por último, decir que en la transición del terreno al fluido portador de calor se pueden reducir las resistencias actuando sobre el diámetro de perforación y el coeficiente térmico del material de inyección, sin embargo en elementos estructurales éstos suelen ser datos del diseño estructural.

3. Transferencia de calor en el terreno.

La energía por segundo que llega a la superficie de la Tierra, desde su interior, en forma de calor es de $4.2 \cdot 10^{13}$ J. La energía asociada a otros procesos se muestra en la tabla 1, se observa que la energía solar es muy superior a la geotérmica, sin embargo aquella sirve únicamente para calentar la superficie del Planeta a una temperatura promedio (alrededor de 15 ºC) y es irradiada de nuevo al espacio, de manera que no interviene en los procesos energéticos que afectan al interior de la Tierra.

Proceso	Potencia (W)
Energía solar recibida	$2 \cdot 10^{17}$
Energía geotérmica	$4.2 \cdot 10^{13}$
Energía perdida por rotación de la Tierra	$9.5 \cdot 10^{11}$
Energía liberada por los terremotos	10^{11}

Tabla 1: Potencia asociada a los procesos de transferencia y generación de calor en la Tierra.

Las fuentes de energía geotérmica son: la desintegración de isotopos radiactivos, el calor inicial durante la formación de la tierra, los movimientos diferenciales entre las distintas capas que constituyen la tierra y el calor latente de cristalización del núcleo externo.

El suelo está compuesto por partículas, aire y agua, siendo por tanto muchas las formas de intercambio de calor que pueden producirse: conducción, radiación, convección, vaporización y condensación, intercambio iónico, congelación y deshielo.

La transferencia de calor que ocurre en el terreno es fundamentalmente por conducción, aunque cuando el agua cambia de fase se produce también la convección debido al flujo de circulación de agua y gas en sus poros.

Según Rees et al (2000) la radiación contribuye negativamente al intercambio de calor, si bien su influencia global suele ser mínima, así por ejemplo en suelos arenosos se estima su efecto en menos de un 1% del total de la transferencia de calor.

El proceso de conducción se puede expresar matemáticamente a través de la ley de transferencia de calor de Fourier. Así, sea una determinada cantidad de calor Q, que atraviesa arbitrariamente un área A durante un tiempo t, el flujo de calor en el terreno q_{cond} se puede expresar por:

$$\dot{q}_{cond} = \frac{\dot{Q}}{A} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} \tag{1}$$

Siendo λ la conductividad térmica y $\frac{\partial T}{\partial n}$ el gradiente de temperatura actual en la dirección del flujo n.

La alteración del flujo de calor que se produce en el terreno produce consecuentemente un cambio de temperatura, es decir de energía interna, de forma que:

$$-\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial \dot{q}}{\partial x} + \frac{\partial \dot{q}}{\partial y} + \frac{\partial \dot{q}}{\partial z} \tag{2}$$

Con (1) y (2) e introduciendo la existencia de una fuente de calor interna en la unidad de suelo:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right) + \frac{\dot{Q}_i}{\rho c} \tag{3}$$

Donde a (m^2/s) es la difusividad térmica, λ (W/mK) es la conductividad térmica, c (J/kg^{o}K) es la capacidad calorífica específica y ρ (kg/m^3) es la densidad del medio sólido del terreno. La difusividad se expresa por $\lambda/\rho c$. El intercambio de calor producido por estructuras termoactivas, dependen de la forma y de los materiales empleados. Para simular la interfase de losas de cimentación, muros o pantallas la ecuación de transferencia por conducción es:

$$\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial T(x,t)}{a \partial t} \tag{4}$$

Por su parte, en el caso de un cuerpo cilíndrico tipo pilotes o micropilotes la ecuación de conducción del calor viene dada por:

$$\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T(x,t)}{\partial r} = \frac{\partial T(x,t)}{a \partial t} \tag{5}$$

Si existen flujos de circulación se producen fenómenos de convección con el agua o gas presentes en los poros. Se puede describir matemáticamente a través de $q_{i,conv} = c_i \rho_i v_i (T - T')$, donde c_i es la capacidad calorífica del fluido, ρ_i su densidad, v_i su velocidad y T' la temperatura de referencia.

Si se llega a producir la vaporización del agua, entonces se incrementa la transferencia de calor que se produce en los poros y el calor latente de transferencia se puede evaluar según $\dot{q}_{lat} = L_0 \rho_w v_v$, donde L_0 es el calor latente de vaporización a una temperatura T'.

De lo dicho anteriormente se puede expresar la transferencia de calor total en el terreno (Rees et al, 2000) como $\dot{q}_{lat} = \dot{q}_{cond} + \dot{q}_{l,conv} + \dot{q}_{v,conv} + \dot{q}_{lat}$, donde el segundo miembro expresa los flujos de calor generados por conducción, convección líquida, convección de vapor y calor latente.

4. Transferencia entre el fluido, el hormigón y el terreno

El intercambio de calor que lleva el fluido la obtiene a partir del intercambio con las paredes de la tubería de polietileno de alta densidad, el hormigón que forma la estructura y el terreno.

Las propiedades de los materiales intervinientes estarán relacionadas con la temperatura media entre el fluido de entrada y salida al circuito primario. El coeficiente de transferencia α que relaciona la tranferencia de calor con el incremento de temperatura entre el suelo y el fluido, $\alpha = \frac{-\lambda}{\Delta T}\frac{\partial T}{\partial r}$, depende del diámetro del tubo de polietileno, de la longitud del tubo, de la velocidad del flujo u, la viscosidad η, la densidad ρ y la capacidad de calor específica c. Para flujo laminar esta dependencia puede ser

determinada analíticamente, sin embargo en el caso del régimen turbulento es necesaria la experimentación. Evidentemente, el coeficiente α de transferencia será siempre más alto en régimen turbulento que en régimen laminar, así, bajo las mismas condiciones se tiene que en régimen turbulento α es función de $u^{3/4}$ mientras que en laminar lo es de $u^{1/2}$.

A modo orientativo se puede estimar que el volumen de energía que se puede extraer de cimentaciones termoactivas es de 40 a 60 W por metro lineal para cimentaciones pilotadas con diámetros entre 0.3 y 0.5 m, de unos 35 W por metro cuadrado de contacto con el terreno para cimentaciones pilotadas con diámetros mayores a 0.6 m, de unos 30 W por metro cuadrado de contacto con el terreno para pantallas y de 10 a 30 W por metro cuadrado en contacto con el terreno si se cimenta con losa.

5. Propiedades térmicas del suelo

En España, a partir de los 5 metros de profundidad, la temperatura del subsuelo comienza a ser más o menos estable con independencia de las condiciones meteorológicas exteriores. A partir de 15 m, la temperatura se estabiliza en unos 17ºC fluctuando cada vez menos con la profundidad y aumentando en función del gradiente geotérmico, si bien suelen permanecer valores estables hasta los 50 m. Tales temperaturas permiten el aprovechamiento en condiciones óptimas de las estructuras termoactivas debido a que son profundidades factibles de alcanzar por dichas estructuras y por el hecho de que las fluctuaciones de temperatura sustanciales durante el año reduciría la eficiencia de las bombas de calor.

La conductividad térmica λ, la capacidad calorífica c y la densidad ρ del suelo son parámetros dependientes de la temperatura, y están relacionados por el parámetro a de difusión térmica que representa la profundidad de penetración de una onda de temperatura en el terreno.

La conductividad térmica λ relaciona el calor transferido por conducción y el gradiente de temperatura y depende del contenido de agua, densidad del suelo y componentes mineralógicos. Al helar se incrementa λ significativamente pues λ_{agua}=0.57 W/mK y λ_{hielo}=2.18 W/mK; consecuentemente la conductividad térmica del suelo puede ser expresada solo aproximadamente.

Por su parte c (J/kgK) define la cantidad de energía almacenada en un material por unidad de masa y cambio de temperatura. Ésta no depende de la microestructura y se puede relacionar con las capacidades de sus constituyentes según su proporción en volumen x_i, así se puede escribir que $c = c_s x_s + c_w x_w + c_a x_a = c_s(1-n) + c_w nS + c_a n(1-S)$, siendo n la porosidad y S la saturación.

En general, la capacidad térmica crece con el contenido de agua y decrece en caso de helada ya que la capacidad de calor del hielo es de tan solo 1884 J/kgK frente a los 4186 del agua.

6. Cambio de propiedades en el terreno inducidas por la temperatura

Las propiedades térmicas del suelo varían considerablemente con las heladas pudiendo inferirse cambios de las propiedades del suelo por tal motivo, así debe evitarse que la extracción de calor del suelo por métodos geotérmicos que provoque la helada del terreno.

Respecto a las propiedades tensión-deformación hay que indicar que el ensayo edométrico en limos y arenas ha mostrado mayores asentamientos a altas temperaturas, acelerándose la consolidación con la temperatura debido a la menor viscosidad del agua y la mayor conductividad hidráulica.

Se indican algunos de los efectos que se producen por cambios térmicos del suelo:

- Los procesos térmicos en el terreno producen la migración de agua a regiones más frías.

- La expansión del agua intersticial aumenta su presión decreciendo la tensión efectiva.
- Un incremento de temperatura reduce la viscosidad interna y la resistencia de corte. Esto permite un flujo más bajo de velocidad y un gradiente de flujo más pequeño del agua subterránea aunque despreciables en la práctica.
- La presencia de materiales orgánicos incrementa la sensitividad a la temperatura, sin embargo si los sistemas geotérmicos están adecuadamente instalados se ha podido comprobar que no se reduce la capacidad de carga de los pilotes en esos estratos.
- Demasiada extracción de calor del suelo puede hacer que la solubilidad de sustancias gaseosas como CO_2 incrementen generando aguas duras, sin embargo, cambios de incrementos de temperaturas inferiores a 5ºC para temperaturas del orden de 20ºC pueden despreciarse.
- La mortalidad de patógenos se reduce para temperaturas por debajo de 10ºC.

7. Desarrollo e innovación de la geotermia en las obras civiles

Además de la necesidad de crecimiento de las aplicaciones geotérmicas en edificación, donde las cimentaciones termoactivas han sido usadas como se comentó en el apartado segundo de este artículo, su empleo también es posible en otro tipo de construcciones cuyas investigaciones y desarrollos son cada vez más crecientes y de las que se comentan algunos casos.

Túneles: al atravesar macizos rocosos por medio de túneles, se drenan las aguas subterráneas que encuentran a su paso. En función del espesor del macizo rocoso que descansa sobre el túnel y del gradiente geotérmico de los terrenos atravesados, las aguas geotérmicas pueden constituir un potencial importante. Hay que indicar que las labores de investigación geotécnica necesarias para la realización de un túnel supone apenas un pequeño sobrecoste en caso de investigación geotérmica.

La captación de calor se puede hacer simplemente canalizando las aguas de salida del túnel en tuberías y transportándolas en bombas de calor, aunque también es posible (Brandl et al [2], 2006) el uso de geosintéticos formados por dos geotextiles que aparte de servir de refuerzo y drenaje permiten situar tubos de captación geotérmica de polietileno de alta densidad entre ellos, circulando en su interior el fluido que transmite el calor hasta la bomba (ver figura 2).

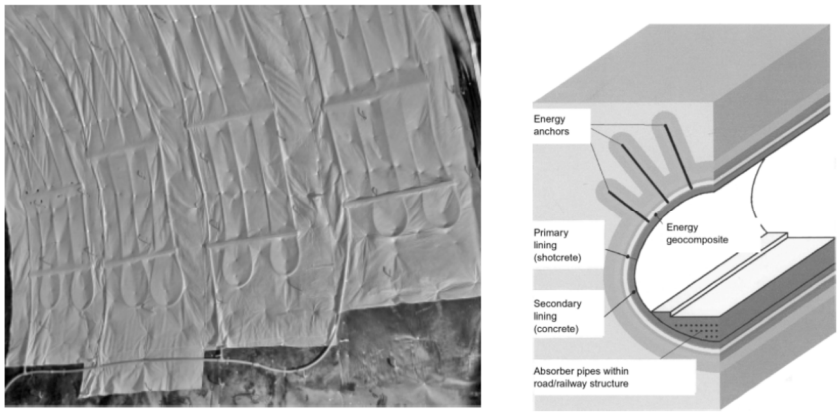


Figura 2: Geotextil instalado en túnel energético (Brandl, 2006).

El primer túnel termoactivo fue el situado en la línea ferroviaria que une Viena con el Oeste de Europa y dio origen a la investigación llamada como “Energy Tunnel”. Sin embargo, el mayor esfuerzo en la implantación de túneles termoactivos lo ha realizado Suiza que en los años 90 estudio el potencial geotérmico de los túneles de los Alpes y obtuvo un potencial de extracción de calor de 30MW.

Estaciones de metro: su realización suelen requerir accesos desde el exterior y falsos túneles con estructuras enterradas en contacto con el terreno, losas, pantallas y pilotes que permiten el aprovechamiento geotérmico. Las primeras aplicaciones se realizaron en cuatro estaciones de metro de la ciudad de Viena que quedaron totalmente monitorizadas instalando bandas extensométricas y extensómetros de cadena a ambos lados de las pantallas y bajo la losa; también se colocaron sensores de temperatura a ambos lados de la pantalla y para el fluido de extracción de circulación de entrada y retorno que permitió investigar el comportamiento estructural y del terreno en la explotación térmica.

Fusión del hielo en carreteras: la presencia de nieve en época invernal en carreteras puede dificultar el tráfico. La adición de sales sobre los pavimentos puede producir impactos negativos (Hutchinson [3], 1970) como la corrosión del hormigón y la contaminación de suelo y agua subterránea. En estos casos, las instalaciones deber poder fundir la nieve y evaporar el agua resultante, de forma que se diseñan formadas por canalizaciones de PEAD bajo los pavimentos asfálticos o de cemento (el asfalto tiene menor conductividad). Es recomendable que las tuberías no atraviesen las juntas del pavimento pues los movimientos pueden resultarles dañinos, además es necesario proteger el pavimento del hinchamiento por congelación diseñando un drenaje apropiado y capas de base y subbsase adecuadas.

8. Conclusiones

La energía geotérmica está siendo utilizada desde hace ya bastantes años por otros países, sin embargo es España es aún ampliamente desconocida a pesar de haber ya Organismos cuyo esfuerzo se está dejando sentir en los sectores de la Energía y la Construcción. Este recurso ha sido utilizado para diversos usos proporcionando ventajas económicas a largo plazo y contribuyendo a la protección del medio ambiente, además permite condiciones de mantenimiento mínimas.

Se describen, formulan y cuantifican las propiedades del suelo y los mecanismos de transferencia de calor con el terreno; de forma que se expone la influencia del suelo y el tipo de cimentación para el aprovechamiento geotérmico resultando necesario realizar ensayos de respuesta térmica in situ aún a pesar de existir formulaciones teóricas que describen los mecanismos de transferencia de calor. Se considera en general despreciables los cambios en las propiedades del suelo que provoca la temperatura para las condiciones de trabajo habituales aunque dichos efectos pueden ser importantes cuando se producen heladas que afectan al agua intersticial.

Se ha mostrado la aplicación de esta tecnología no solo en instalaciones de edificación sino en el ámbito de la obra civil donde, debido a la necesidad de interactuar con el terreno a través de cimentaciones y estructuras de tierra puede resultar adecuada su utilización demostrando su viabilidad y desarrollo para túneles, estaciones y carreteras.

Referencias.

[1] B. Sanner, E. Mands, M. Sauer and E. Grundmann, “Technology, development status, and routine application od Thermal Response Test”, Proceedings European Geothermal Congress , 2007.
[2] H. Brandl, “Energy foundations and other thermo-active ground structures”, Geotechnique, 2006, Vol. 56 (2), pp. 81-122.
[3] F.E. Hutchinson, “Environmental pollution from highway de-icing compounds”, Journal of Soil and Water Conservation, 1970, Vol. 25, pp. 144-146.

Simulation of details in wind speed time-series using Additive Cascades

Agustín Agüera Pérez[1], José Carlos Palomares Salas[1], Maite Agüera Pérez, José Gabriel Ramiro Leo[1] and Juan José González de la Rosa[1]

[1] Dept. Electrónica, Universidad de Cádiz, Av. Ramón Puyol S/N, España, agustin.aguera@uca.es

Abstract. Most of the registered wind time series have a daily resolution, in opposition to the recommended ten-minutes interval. This work presents a methodology to introduce details in a daily serie to generate a synthetic serie with ten-minutes resolution. The scaling and self-similarity properties of an original wind serie are studied in order to reproduce them by using additive cascades.

Keywords: Wind time-series, time resolution, additive cascades

1. Introduction

The management of long-term wind time series (>10 years) is important for the wind industry because they cover the large scale cycles of the atmospheric behavior. But these historical series are frequently stored as daily averages and therefore details and short events are lost or smoothed. These details are critical from the energy estimation point of view, due to the most energetic events occur at short time scales. Furthermore, they are needed to estimate another interesting parameters as extreme winds, calms and gustiness.

In order to obtain a reliable description of the wind properties in a location, it is generally assumed that time-series must contain measurements each 10 minutes. Therefore, the numerous wind time-series with daily resolution are not used in wind analysis. By increasing their resolution, these series could be used to extend the wind data sources currently used in wind resource evaluations.

Additive, multiplicative and bounded cascade models are mathematical constructs suitable to capture intermittent and highly irregular behaviour. Actually, these models have a wide range of applications, such as the modelling of turbulence [1], internet packet [2], stock prices [3], distribution of clouds and rainfall [4]. An additive cascade is an iterative process that fragments a given set into smaller and smaller pieces according to some geometric rules which captures the scale-invariant behaviour of the process.

In this paper, the additive cascades are used to generate details in daily mean speed series. Then, some paramaters related to these details are checked in order to test the usefulness of the obtained information.

2. Additive Cascades

Early versions of cascades as statistical tools were introduced by Kolmogorov [5] in the statistical theory of turbulence for use in modeling the redistribution of energy under a rapid stirring motion as a repeated random splitting of energy into finer scale eddies. Refinements were developed further by Yaglom [6] and by Mandelbrot [7]. However in the literatures revised by authors, this statistical tool has not been applied to wind time series.

We propose the simplest multifractality generator, a binary additive cascade. The procedure through which the binary cascade generates details at different time scales starts considering an initial average value uniformly distributed over a time domain. Then an iterative process acts by splitting this distribution into two different subsets modified by random increments, so that the average is preserved. Next steps will divide each of the new subsets into two different ones and, thus, smaller events are produced simulating a higher resolution. Hence, the knowledge of the distribution of these random increments can be used to generate details in a serie preserving statistical features.

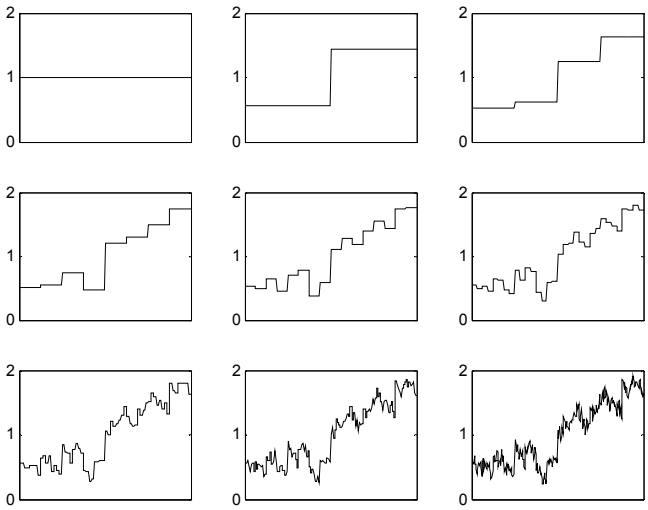


Fig. 1 Example of the action of an additive cascade process at different stages.

$$v_{0,N} = v_0 + \sum_{k=1}^{N} \Delta_k v \tag{1}$$

As shown in equation1, after N iterations of the process, the value of the serie in a point ($v_{0,N}$) is the sum of the initial average value (v_0) and the increments randomly inserted in each iteration ($\Delta_k v$), where Δ_k indicates that these increments are subjected to a specific probability distribution associated to the scale k. Hence, details generated in each scale respond to different statistical features, as observed in many physical systems.

3. Analysis of the time serie

In order to test the usefulness of cascade processes applied to the generation of details in daily wind speed registers, a serie with enough time resolution is needed. In this case, the study is performed over

200 days historical serie of 10-minutes averages acquired at 20 metres above ground level in a meteorological station located in Peñaflor (Andalusia-Spain). This time serie is used to extract the serie of daily mean speeds which is used as starting data for the additive cascade, according to the objectives of the paper.

As said before, this methodology is based on the probability distribution of the random increments produced at each scale. Hence the analysis of the serie is focused on the characterization of these distributions which can be obtained by performing an inverse binary cascade, i.e., a process in which a new time serie is obtained as result of the means of two values of the original one. Once the series are calculated, the difference between two consecutive ones gives the distribution of the increments associated to these scales.

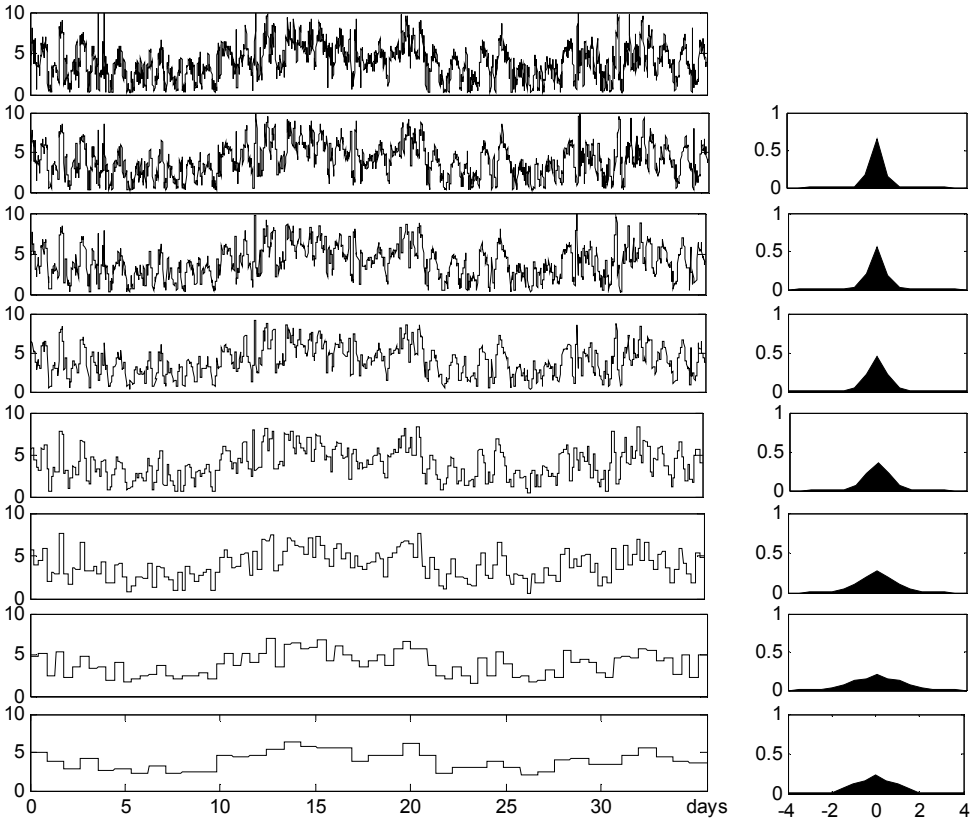


Fig. 2 . Series obtained using the inverse cascade (Only 36 days are shown to make the figure more understandable). On the left the probability distribution of increments observed at each step.

Additionally, the increments observed between the 10-minutes and the daily serie and their associated probability distribution are also studied (Figure 3). The obtained information is analogous to the one obtained from the inverse cascade but considering that details appear as a whole. Thus, the difference between the multiscaling approach (additive cascade) and the one-step approach can be checked.

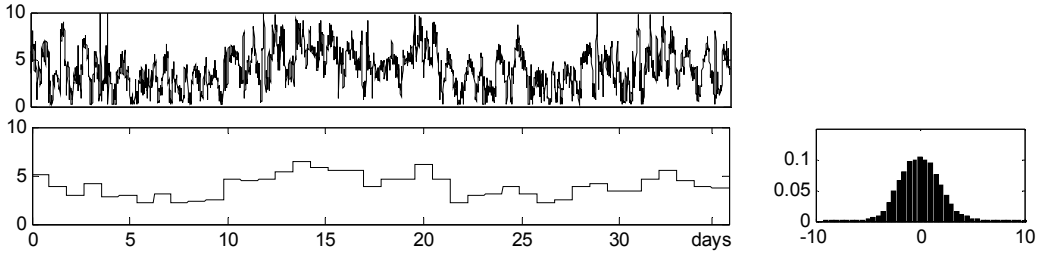


Fig. 3. Daily mean speed serie

4. Results

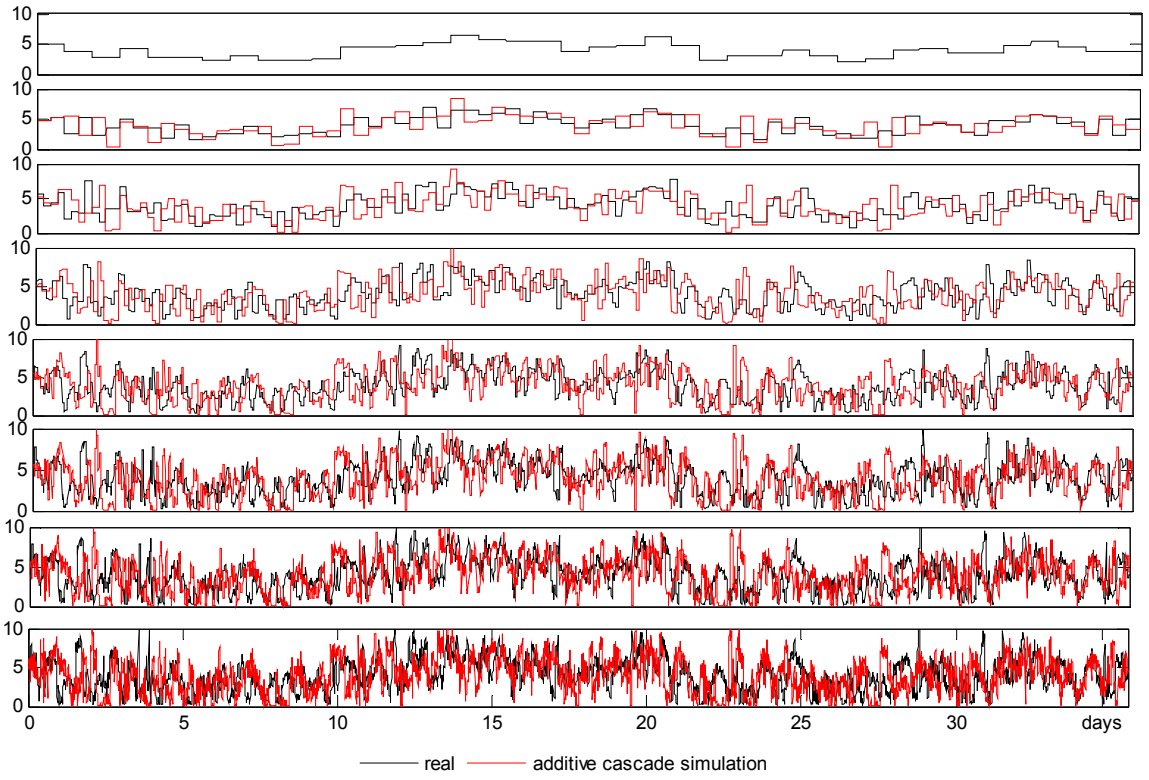


Fig. 4. An example of the application of the multiscaling process (additive cascade) to generate the synthetic 10-minutes serie. As a consequence of the random conception of the additive cascades, different repetitions of the experiment produce different final results, but the studied statistical characteristics are similar.

Attending to the probability distribution of increments observed in the real time serie represented in different resolutions, a cascade process is performed. In the present study, the additive cascade methodology starts with the serie of daily mean speeds and, as said before, inserts random deviations in the average values according to the observed distribution of increments (Fig.4). Thus, after the necessary iterations, a synthetic time serie in 10 minutes resolution is obtained (Additive Cascade Serie). The objective of this serie is not the emulation of the real values, but it is focused on the simulation of some statistical features interesting from the wind resource assessment point of view.

As commented in the previous section, in order to contrast the benefits of the cascade methodology, another 10 minutes synthetic serie is generated avoiding multiscaling considerations. Hence, this serie

can be interpreted as the daily mean speed with a coupled noise modeled by the observed probability distribution (Coupled Noise Cascade).

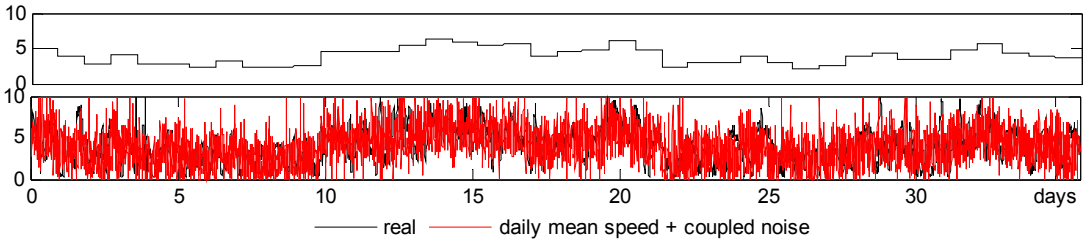


Fig. 5. An example of the application of the one-step process (similar to a coupled noise) to generate the synthetic 10-minutes serie.

As a consequence of the random conception of the proposed experiments, different repetitions produce different final results. Thereby, the results shown in Table 1 for the additive cascade and the coupled noise series are obtained as averages of 30 repetitions.

$$\frac{E}{A} = \sum \frac{1}{2} \rho v^3 \Delta t \qquad [Wh/m^2], \quad \rho = 1.225 \qquad [Kg/m^3] \tag{2}$$

$$GustIndex = \sum_{n=1}^{6} \frac{|v_i - \bar{v}|}{6} \qquad [m/s] \tag{3}$$

Table 1 summarizes the comparison among the series under study. At first sight, it is evident that the daily serie presents important differences when compared with the real one. This fact confirms that, as expected, the daily serie is not able to give reliable information about the analyzed parameters. The daily serie results are clearly improved by inserting random increments according to the observed distributions. Both approachs, the additive cascade and the coupled noise, give densities of energy very close to the real values. The extreme winds (Max Speed) are also improved by these methodologies, although the values are not very accurate. But attending to the distribution of calms and gustiness, the additive cascade reveals its benefits. The synthetic gusts generated by the coupled noise are excessive (1.79 m/s) and the serie does not contain calms longer than 8 hours, which differs substantially from the characteristics of the real serie. On the contrary, the multiscaling approach simulate a more realistic wind with gust index and distribution of calms close the real values.

	Real	**Daily**	**Cascade**	**Coupled Noise**
Density Energy	680.42 kWh/m^2	457.94 kWh/m^2	658.12 kWh/m^2	650.12 kWh/m^2
Max Speed	21.3 m/s	11.3 m/s	17.4 m/s	18.5 m/s
Mean Gust Index	0.62 m/s	0.02 m/s	0.88 m/s	1.79 m/s

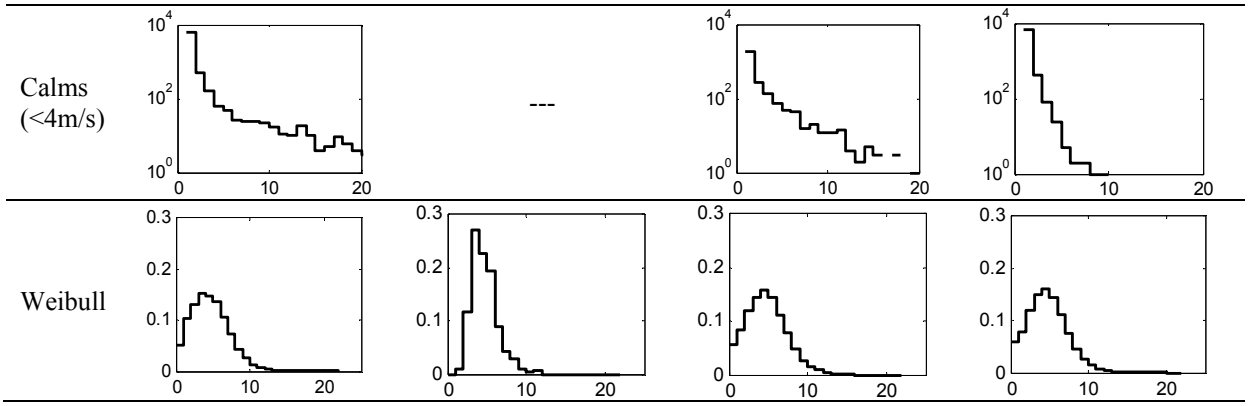


Table 1. Estimations and characteristics associated to each of the studied series. Calm diagram represents the number of occurrence (y-axis) vs the duration of the calm in hours (x-axis). We have considered that a calm is defined by a period in which wind speed is lower than 4 m/s. Finally, the Weibull distribution is also represented, with speed in m/s (x-axis) vs probability (y-axis).

5. Conclusions and future work

The fundamental conclusion of this work states that, once the scaling behavior of a wind serie is captured, additive cascades are efficient tools to generates more resoluted series which preserve important statistical features of the real serie.

Results confirm that the daily mean speed registers are not able to perform a reliable wind resource estimation because of the low resolution. We have tested two different approachs to increase this resolution based on the observed increments between the real 10-minutes serie and the real daily one: one-step approach (or coulped noise) and multiscaling approach (or additive cascade). It can be concluded that, despite both methodologies improve the daily results in Density of Energy and Extreme Speed, the multiscaling approach is also able to generate Gust Index and Calm Diagrams close to the real ones.

Referencias.

[1] Mandelbrot, B.-B., Intermittant turbulence in self-similar cascades: Divergence of high moments and dimension of the carrier, Journal of Fluid Mechanics, 62, 331—358, 1974.

[2] Xu, Z., L. Wang and K. Wang, 2011. A new multifractal model based on multiplicative cascade. Inform. Technol. J., 10, 452-456.

[3] Ding-Shun H., Chung-Kung L., Cheng-Cai W. and Mang C.. Scaling characteristics in the Taiwan stock market, Physica A: Statistical Mechanics asnd its Applications, 332, 448-460

[4] Lovejoy, S., Shertzer, D., Multifractals, Cloud radiances and rain, Journal of Hidrology, 322, 59-88.

[5] Kolmogorov, A.-N., The local structure of turbulence in an compressible liquid for very large Reynolds numbers, C.R. (Dokl.) Acad. Sci. URSS (N.S.), 30, 301—305, 1941.

[6] Yaglom, A.M., 1966. The influence on the fluctuation in energy dissipation on the shape of turbulent characteristics in the inertial interval. Soviet Physics Doklady 2, 26–30.

[7] Lovejoy, S., Shertzer, D., On the simulation of continuous in scale universal multifractals, part I: Spatially continuous processes, Computers and Geosciences, 36, 1393-1403

Production of biogas from the organic solid waste in thermophilic phase

Derbal Kerroum., Bencheikh Le-Hocine Mossaab, Meniai Abdeslam Hassen

[1] Depatement de Chimie Industrielle, Université Mentouri Constantine, derbal_kerroum@yahopo.fr

Abstract. These last years there is an increasing world request on energy biodegradable and organic waste, such as animals waste, agricultural waste, municipal organic waste, … etc., for the production of biogas. To satisfy these request, this research come in order to study and to estimate the biogas produced by the anaerobic co-digestion process of municipal organic waste in thermophilic conditions (Temperature =55°C), in order to increase the volume of biogas produced.

This work is carried out in an anaerobic completely mixed digester of 500 litter volume. The digester is feeded daily a mixed substrate of biodegradable solid waste and activated sludge of wastewater treatment plant. During the experimentation period, the analysis concerning the measurement of the parameters stability of digesters (total solids (TS), total volatile solids (TVS), total kjeldhal nitrogen (TKN), volatile fatty acids (VFA), pH, ammonia nitrogen (NH^{+}_{4}), total and soluble chemical oxygen demand (COD), volume of biogas production and it composition, total and partial alkalinity, total phosphorus (Ptot)) was made.

The results obtained during this study, show that the quantity of biogas produced is significant in comparison with that obtained in Co-digestion of solids waste in mesophilic condition. Thus in this study the average specific gas production (SGP) is about 0.51 m3/KgTVS, this is a good result with the comparison with the result obtained in co-digestion in mesophilic condition where the SGP is 0.31 m^3/KgTVS.

Keywords: Biogas, thermophilic Temperature, solids waste, co-digestion

1. Introduction.

Important quantities of organic solid wastes are continuously generated and must be treated. Different processes may be used for their treatment but in the present study an anaerobic digestion of these solid materials is used for biogas production, providing then an energy source [1]. This process is even getting economically more attractive, when considering the current cost of energy, particularly when treating industrial waste with high percentage of biodegradable matter [2].

In the literature, several studies on the anaerobic co-digestion process are reported and where the influence of different parameters such as mixing velocity, temperature, pH, etc., is investigated [3]. Other studies were concerned with the use of different solid wastes and one can cite the organic solid wastes with or without wastewater treatment plant sludge [4], [5], cheese whey [6], agro-industrial wastewaters [7], grey water from vacuum toilets [8], manure [9], olive mill waste [10]. etc.

The objective of the present work is the monitoring of the anaerobic co-digestion process of mixtures of solid and sludge wastes obtained from the wastewater sludge in thermophilic phase

2. Experimental.

Experimental data were obtained from the monitoring of anaerobic digestion of sludge waste obtained from wastewater treatment plant, carried out in a pilot digester, under thermophilic conditions (T = 55°C). The reactor was continuously stirred (CSTR), without recycling. It is daily fed with 22.5 l of a substrate (19.1 l sludge waste + over 3 kg of solid wastes) and a hydraulic loading rate of 1.8 kg TVS/m^3/day to maintain a hydraulic retention time (HRT) of 23 days, during all the experimental phase. Daily influent and effluent analyses were made for pH, TS, TVS, TVFA, biogas volume and it composition, partial alkalinity (TA) and total alkalinity (TAC), NH^+_4. Other analyses were made two or three times a week, like COD, TKN and Ptot.

Analyses of COD, TS, TVS, pH, NH^+_4, TKN and Ptot were performed according to the standard methods for the examination of water and wastewater (1998). TVFA were analysed by gas chromatography equipped with flame ionization detector (FID) and a capillary column (15 m in length and a diameter of 0.53 mm), with hydrogen as carrier gas (APHA, 1998). The biogas composition is obtained using a portable gas analyzer (Geotechnical Instrument, MOD. GA2000). It is also able to detect and measure the concentration of hydrogen sulphide in the biogas within a range of 1 to 5000 ppm. For the measurement of produced gas volume a hydraulic gas flow meter (Ritter) was used. Typical characteristics of influent feed are shown in Table 1.

Parameters	Average	min	max	Std. Dev.	Nr. of Samples
pH	7.26	6.70	7.90	0.34	36
NH_4^+ (mgN/l)	3.88	1	13	4	24
TKN (waste) (mgN/gTS)	33.32	21.87	53.52	8.30	13
COD (waste) (mgCOD/gTS)	996.20	829.73	1124.42	78.26	16
Ptot (waste) (mgP/gTS)	831.07	183.34	1540.89	411.99	11
TKN (sludge) (mgN/gTS)	43.07	31.18	49.86	8.23	6
COD (sludge) (mgCOD/gTS)	670.72	596.78	747.97	44.49	16
Ptot (sludge) (mgP/gTS)	603.43	241.71	770.55	149.73	10
TS (waste) (g/l)	160.17	71.97	269.92	56.42	38
TVS (waste) (g/l)	141.57	61.49	245.52	51.07	38
TVS (waste) (%TS)	89.43	73.73	94.71	4.28	38
TS (sludge) (g/l)	35.61	26.65	47.51	4.67	36
TVS (sludge) (g/l)	23.15	17.18	31.11	3.05	36
TVS (sludge) (%TS)	64.85	58.34	80.95	4.35	36

Table1. Typical characteristics of influent substrate

3. Results and discussion.

The obtained results concerning the above mentioned parameters are presented in the following sections, for the steady state conditions.

3.1. pH in digester.

The pH is an important parameter which gives information on the anaerobic digestion process, as shown in Figure 1 where its variation is from 7.5-8, close to the range of (6.5-8), reported in the literature (Bolzonella et al., 2003). This can explain the significant production of bicarbonate due to the temperature elevation.

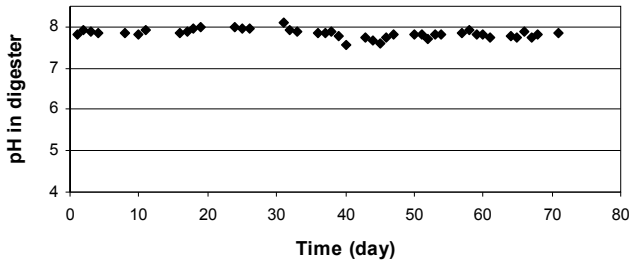


Fig. 1 pH profile in the digester

3.2. Solids and volatile solids in the digester.

Figure 2 shows that these two parameters are stable indicating a good operation of the digester.

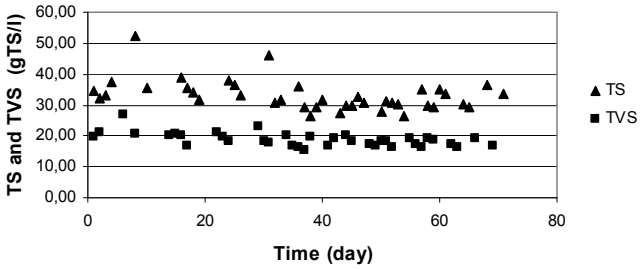


Fig. 2 TS and TVS concentration in digester

3.3. Alkalinity in the digester.

Figure 3 shows slight varaiations of alkalinity at each pH values of 4 and 6 in the digester, and hence an almost constant difference between the two corresponding curves, indicating a stability of the process.

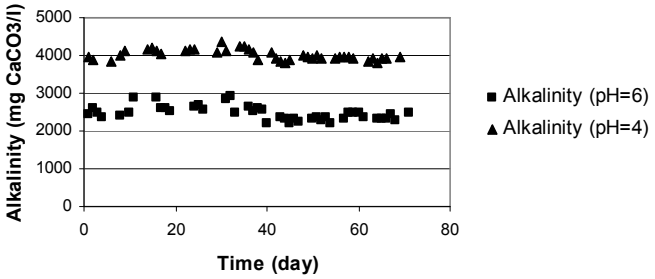


Fig. 3 Alkalinity concentrations in the digester

3.4. VFA in digester.

The values of the volatile fatty acids concentrations in the digester have a direct influence on its operation., and hence the quality and the volume of the produced biogas. Figure 4 shows a variation between 10 and 100 mg COD/l an acceptable range according to the literature.

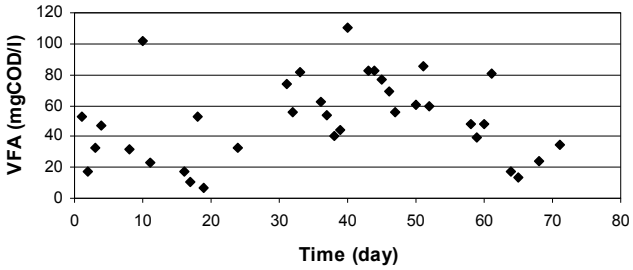


Fig. 4 VFA concentration in digester

3.5. Biogas volume and composition.

Figure 5a shows a reduction followed by an increase in biogas production, due to the variation of the various control parameters process. This is not critical for the process, and can be self controlled since the biogas volume variation is related to the influent rupture or composition variation. In this case, a particular increase in organic loading rate (OLR) was considered in order to increase the treated waste volume. Figure 5b presents the biogas composition (methane and carbon dioxide), where it can be noted that the percentages are about 61 and 39 % respectively.

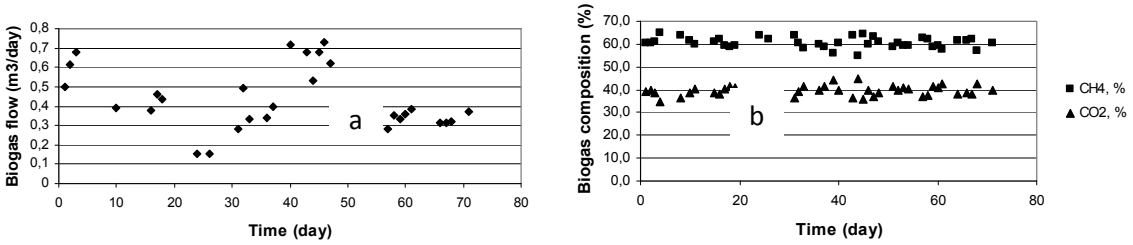


Fig. 5 Biogas production (a) and it composition (b)

3.6. Gas production rate.

The variations of gas production rate (GPR) in the digester are shown in Figure 6 where the average production rate of gas is about 0.96 m^3 / m^3 days, with peaks of 1.61 m^3 / m^3 *day indicating an increase in waste treatment capacity.

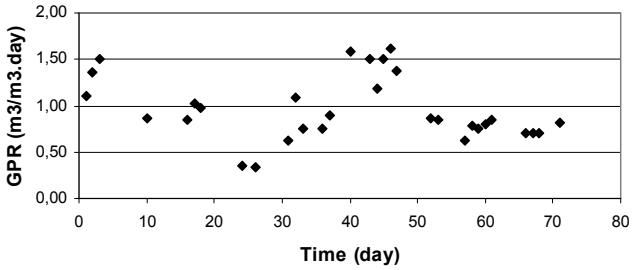


Fig. 6 Gas production rate (GPR)

4. Conclusion.

The analyses of the substrate (organic waste + sludge waste), showed that they are very rich in organic biodegradable matter which can be converted into biogas by means of the anaerobic co-digestion process.

The analysis carried out on the effluent showed the quality of the treatment as well as an acceptable conversion of the substrate to biogas in thermophilic phase.

The analysis of produced biogas showed that the percentage of biomethane is 62%. Thus in this study the average specific gas production (SGP) is about 0.51 m^3/KgTVS, a good result with the comparison with the values obtained in co-digestion in mesophilic condition where the SGP was 0.31 m^3/KgTVS.

References

[1] Bolzonella David, Laura Innocenti, Paolo Batitistoni, Franco Cecchi, "The AF-BNR-SCP process application at Treviso wastewater treatment plant: results of the activated sludge model N°2 simulation and mass balances", AIDIC conference series, Vol. 5, Elsevier Ed., 2002, pp. 49-56.

[2] Koutrouli Eleni C., Haralabos Kalfas, Hariklia N. Gavala, Ioannis V. Skiadas, Katerina Stamatelatou, Gerasimos Lyberatos, "Hydrogen and methane production through two-stage mesophilic anaerobic digestion of olive pulp", Bioresource Technology, 2009, 100, 3718–3723.

[3] Vavilin Vasily A., Sergy V. Rytov, Ljudmila Ya. Lokshina, Spyros G. Pavlostathis, Morton A. Barlaz, "Distributed Model of Solid Waste Anaerobic Digestion: Effect of leachate recirculation and pH adjustment", Willy Periodicals, Ing, 2002.

[4] Kayhanian M. and Rich D., "Pilot-scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutriment requirements", Biomass and Bioenergy, 1995, 8 (6), 433-444.

[5] Bolzonella David, Paolo Pavan, Paolo Battistoni, Franco Cecchi, "Mesophilic anaerobic digestion of waste activated sludge, influence of the solid retention time in the wastewater treatment process", Process Biochemistry, 2005, 40, pp. 1453-1460

[6] Erguder T. H., Tezel U., Guven E., Demirer G. N., "Anaerobic Biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors", Waste Management, 2001, 21, 643-650.

[7] Demirer Goksel N., Duran Metin, Erguder Tuba H., Guven Engin, Ugurlu Orgen & Tezel Ulas, "Anaerobic treatability and biogas production potential studies of different agro-industrial wastewater in turkey", Biodegradation Netherlands, 2000, 11, 401-405.

[8] Feng, Y., Behrendt, J., Wendland, C., Otterpohl, R., "Parameters analysis and discussion of the anaerobic digestion model No.1 (ADM1)", Water Science & Technology, 2006, 54, (4), 139–147

[9] Kaparaju Prasad, Lars Ellegaard, Irini Angelidaki, "Optimization of biogas production from manure through serial digestion: Lab-scale and pilot-scale studies", Bioresource Technology, 2009, 100, 701–709

[10] Fezzani Boubaker, Ben Cheikh Ridha, "Anaerobic co-digestion of olive mill wastewater with olive mill solid waste in a tubular digester at mesophilic temperature", Bioresource technology, 2009, 162, 1563-1570

Use of IWA ADM1 model N°1 to simulate anaerobic digestion of organic waste

Derbal[1] K., Bencheikh-LeHocine[1] M., Bolzonella[2] D., Meniai[1] A-H., Pavan[2] P.

[1] Département de Chimie Industrielle, Université Mentouri, Constantine, Route Ain El Bey, Algeria, derbal_kerroum@yahoo.fr

[2] Department of Science and Technology, University of Verona

[3] Department of Environmental Science, University of Venice, Italy

Abstract. ADM1 model of IWA was applied to a pilot scale anaerobic digestion process for the treatment of the waste activated sludge originated from a wastewater treatment plant for the municipal wastewater. This operation is carried out in a digester of 500 litters in volume. It is operated at an average Hydraulic Retention Time (HRT) of 20 days with an average Organic Loading Rate (OLR) of 1.27 kgTVS/m^3days, at a temperature of 35°C with an average Gas Production Rate (GPR) of 0.18 m^3/m^3day.

The aim of the present study is to compare the results obtained from the simulation with the experimental ones. ADM1 makes use of the experimental results for the optimization of the different kinetic parameters values. Generally, the simulated results showed reasonably a good fit for pH, methane and carbon dioxide percentages, biogas volume, chemical oxygen demand (COD), total volatile fatty acids (TVFA). However, deviations are shown with an underestimation for the soluble chemical oxygen demand (SCOD) and inorganic carbon (IC). Concerning inorganic nitrogen (IN), the simulated results present the average experimental trend..

Keywords: Simulation, Biogas, solids waste, ADM1.

1. Introduction.

ADM1 was developed recently by an IWA group [1]. It is a structured model that describes complex substrates by their main components (carbohydrates, lipids, proteins, sugars, amino acids, long chain fatty acids (LCFAs), volatile fatty acids (VFAs), cations and anions) and includes multiple steps describing biochemical and physicochemical processes encountered in the anaerobic biodegradation of complex organic compounds. Since its development in 2002 and up to now, many implementations of ADM1 have been tested and proved their success in simulating the anaerobic digestion of several industrial wastewaters. As examples, one can cite Blumensaat and Keller, [2] who modified the initial version of ADM1 for the simulation of a dynamic behaviour of a pilot scale digester using sludge, in order to ensure a faultless model implementation. They obtained accurate results for the cases of low to medium loading rates. However the accuracy showed a decline with the increase of the loading rate.

Wayne and Parker [3] considered the application of the ADM1 to a variety of anaerobic digestion configurations. Derbal et al., [4] considered the application of ADM1 model to simulate anaerobic co-digestion of solid waste in mesophilic temperature.

Moreover, many extensions and modifications of ADM1 have been established by several researchers to enlarge its prediction capabilities by, taking into account other factors such as, for instance, the degradation of certain substrates [5], the inclusion of lactate and ethanol into model for accurate bio-hydrogen simulations [6], the extension of ADM1 to include formation and emission of odorants [7].

Consequently, the great capabilities of ADM1 in modelling different types of substrates and calculations have been the motivating factor to use it in the present work to evaluate the performances of a digestion process for the treatment of activated sludge waste in the above mentioned 500 l pilot reactor working at a mesophilic temperature (T=35°C).

The present study was focused on the anaerobic biomethane Production from sludge waste under mesophilic conditions. Moreover, the Anaerobic Digestion Model no. 1 (ADM1) has been applied to the obtained experimental data from the anaerobic digester. It has been shown that the stage mesophilic anaerobic digestion is a stable, reliable and effective process for energy recovery and stabilization treatment of sludge waste.

2. Materials and methods.

2.1. Reactor and monitoring.

As mentioned previously, experimental data were obtained from the monitoring of an anaerobic digestion of sludge waste obtained from wastewater treatment plant, carried out in the pilot digester which was operated under mesophilic conditions (35°C).

The substrate is introduced daily with an influent mass loading of 1.27 kgTVS/m^3/day and a hydraulic retention time (HRT) of around 20 days. Influent and effluent analysis were made daily for pH, total solids (TS), volatile solids (VS), volatile fatty acids (VFA), biogas volume produced and its composition, partial alkalinity (TA) and total alkalinity (TAC), ammoniacal nitrogen (NH_4^+). Other analyses were made two or three times a week, like chemical oxygen demand (COD), total djeldhal nitogen (TKN) and total phosphorous (Ptot). These parameters were determined according to the *Standard Methods for Water and Wastewater Examination*.

3. Results and discussion.

3.1. Experimental monitoring of the pilot reactor.

The pilot anaerobic digester was monitored for 3 months. Typical characteristics of influent feed are shown in Table 1. This is the stream resulting from the waste activated sludge. The typical solids concentration was some 4 % while TVS were 65 % of TS.

The effluent characteristics are shown in Table 1. Total and volatile solids were clearly reduced around 20% with respect to the influent parameters shown in Table 1, Values of alkalinity, pH and VFA were stable enough, with low fluctuations.

Parameters	Average	min	max	Std. Dev.	Nr. Of Samples
Influent characteristics					
pH	7.06	6.95	7.23	0.08	15
NH^+_4 (mg N/l)	3.33	2.00	5.00	1	6
TKN (mg N/gTS)	44.79	38.62	54.57	6.50	7
COD (mg COD/gTS)	609.22	517.74	715.89	63.52	9
Ptot (mg P/l)	772.83	658.51	936.06	95.15	6
TS (g/l)	38.89	34.82	42.12	2.28	12
TVS (g/l)	25.31	20.24	30.51	2.66	12
TVS (%TS)	65.11	58.13	77.34	6.18	12
VFA (mg DCO/l)	5.86	4.193	7.5975	1.26	12
Effluent characteristics					
pH	7.29	7.20	7.40	0.05	15
NH^+_4 (mg N/l)	483.33	450	525	32	6
TKN (mg N/gTS)	36.04	32.43	37.45	2.04	5
COD (mg COD/gTS)	524,89	495	550	20,25	5
SCOD (g COD/m^3)	3.0	1.5	5.0	1.3	6
Ptot (mg P/l)	732.02	665.77	758.67	38.43	5
TS (g/l)	36.38	33.09	42.05	2.94	10
TVS (g/l)	20.31	19.15	21.94	0.73	10
TVS (%TS)	56.04	51.85	60.87	3.36	10
VFA (mg DCO/l)	18.18	10.23	25.44	4.89	9
TA pH=6(mg$CaCO_3$/l)	1983.75	1880	2100	79.63	8
TA pH=4(mg$CaCO_3$/l)	1233.75	1140	1320	56.30	8
Biogas production and composition characteristics					
Biogas volume	0.0789	0.072	0.0862	0.01	11

(m^3/d)					
SGP (m^3/kg SVT)	0.14	0.11	0.16	0.01	11
GPR (m^3/m^3.d)	0.18	0.16	0.19	0.01	11
% CH_4 (%)	60.37	59.00	61.50	0.81	7
% CO_2 %)	39.63	38.50	41.00	0.81	7
CH_4 volume (m^3/d)	0.05	0.04	0.05	0.00	6
CO_2 volume (m^3/d)	0.03	0.03	0.03	0.00	6
H_2S (ppm)	170	100	200	35.48	7

Table 1. Influent, Effluent and biogas production characteristics

3.2. Implementation of ADM1.

The substrate (sludge waste) was characterized according to the original version of ADM1 (Batstone r et al.). Therefore, the input data were calculated on the basis of the influent substrate characteristics mentioned in Table 1. Thereafter, the ADM1 model was calibrated, using experimental data, through the optimisation of the different parameters, mainly the disintegration and hydrolysis ones, with a constraint on their values which should be within the physical range. The experimental and simulated results are discussed in the following paragraph.

3.3. Estimation of kinetic parameter values.

Before starting the simulation step, the kinetics parameters concerning the disintegration and hydrolysis phases were first estimated. These were evaluated considering both experimental batch runs; *i e* sludge hydrolysis (batch tests in serum bottles) and the modelling of experimental data changing the values of the kinetic parameters. In particular, the ADM1 was first used to simulate experimental data obtained during the trials of anaerobic digestion runs. All the initials values of kinetics and stoechiometry constants were then maintained as in the ADM1 model.

3.4. Simulation of the process and comparison with experimental data.

After estimating the parameters of disintegration and hydrolysis of the substrate, the obtained results concerning the COD, both total and dissolved (TCOD and SCOD) as well as the TVFA, are represented in Figure 1. It can be noticed that the simulated results are reasonably in good agreement with the experimental values for TVFA and TCOD. But concerning the SCOD simulated result are partially confounded with experimental values.

Moreover, the substrate distribution between proteins, carbohydrates and lipids was not measured but default model values were adopted for this parameter. This can be justified by the fact that the used experimental rig is housed in the wastewater treatment plant and influent characteristics are daily varying.

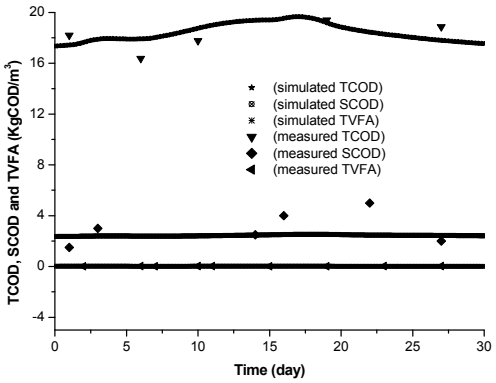


Fig.1 Comparison between the simulation and the experimental total and soluble COD and TVFA

Figure 2**a** shows the variation of total gas volume produced with time, which clearly depends on the nature, composition and biodegradability of the waste. In fact, even though the mass loading in the digester is maintained almost constant, the amount of sludge can be different at any day, and hence leading to different biogas production. Moreover, the structural limitations of the ADM1 imply that the simulated gas production follows an average path; therefore simulated data are only partially confounded with experimental values.

In order to have an insight on the biogas production the input organic loading rate was calculated and plotted as shown in Figure 2**a** where it can be seen that dynamic conditions are prevailing.

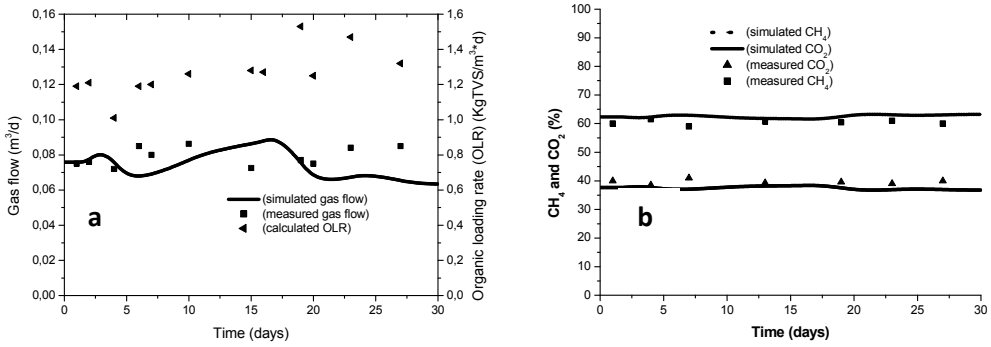


*Fig. 2 Comparison between the simulated and the experimental biogas production rate and the variation of the organic loading rate (OLR)(***a***), simulated simulation and the experimental % of CO_2 and CH_4 with time(***b***).*

Figure 2**b** shows the experimental and simulated results of gas production which is composed of methane gas and carbon dioxide. The obtained results are satisfactory. However, these results show that the reactor presents a good stability from the point of view of gas composition.

To see better what is happening in the system, Inorganic Carbon (IC), Inorganic Nitrogen (IN) and pH were represented in the same figure 3. The variation of IC is due to the neutralisation of VFA in the solution. IC is more sensitive to VFA accumulation than pH, and are correlated empirically to VFA accumulation. From the simulation point the experimental data of IC are underestimated compared to the simulated result (Figure 3). The simulated results of inorganic nitrogen present the average experimental trend (Figure 3).

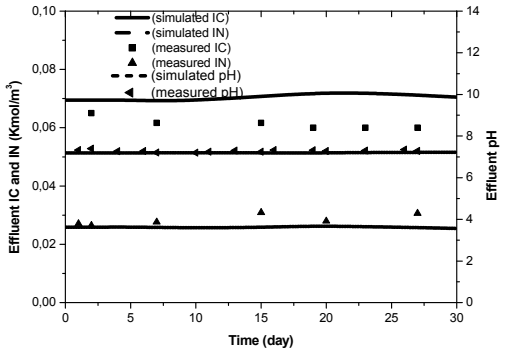


Fig. 3 Comparison between the simulation and the experimental IC, IN and pH

The results of pH are good estimated by ADM1, and there are generally stable in comparison to BA variations (Figure 3). As a monitoring variable, BA is more sensitive than pH, and therefore it can be used as a control parameter for the operation of anaerobic digesters.

4. Conclusion.

ADM1 showed acceptable simulating results, regarding the number of parameters involved and processes considered. However, it is important to note, according to the findings of this study that the ADM1 model is used in simulating complex processes such as anaerobic digestion. In fact it cannot reproduce the intimate variations of the different parameters, but an average trend is exhibited. This can be explained by the fact that not all the input kinetic parameters are obtained via analyses but extracted from the literature. For the present case, the obtained results can be tested for the prediction of the different operating parameters. ADM1 can, therefore, be used as a managing tool of anaerobic digestion. The simulated results show an acceptable fit.

References

[1] Batstone D. J., Keller J., Angelidaki I., Kalyuzhnyi S. V., Pavlostathins S. G., Rozzi, Sanders W. T. M., Siegrist H., Vavilin V. A., , Anaerobic Digestion Model No. 1, International Water Association (IWA), Publishing, London, UK, 2002.

[2] Blumensaat F., Keller J., "Modelling of two-stage anaerobic digestion using the IWA anaerobic digestion model No. 1 (ADM1)", Water Res., 2005, 39, 171-1831,

[3] Wayne J. Parker, "Application of the ADM1 model to advanced anaerobic digestion", Bioresource Technology, 2005, 96, 1832-1842.

[4] Derbal K., Bencheikh-Lehocine M., Cecchi F., Meniai A-H, Pavan P., "Application of IWA model to simulate the anaerobic co-digestion of organic solids waste mixed with sludge in mesophilic conditions"", Bioressource Technology journal, 2009, 100, 1539-1543

[5] Stamatelatou K., H. Kalfas, H.N. Gavala, I.V. Skiadas, G. Lyberatos, "Application of ADM1 for the simulation of anaerobic digestion of olive pulp under mesophilic and thermophilic conditions, in: The first international workshop on the IWA Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1)", Water Science and Technology, 2006, 54 (4), 149–156.

[6] Fezzani Boubaker, Ben Cheikh Ridha, "Extension of the anaerobic digestion model No. 1 (ADM1) to include phenolic compounds biodegradation processes for the simulation of anaerobic

co-digestion of olive mill wastes at thermophilic temperature", Journal of Hazardous Materials, 2009, 162, 1563–1570.

[7] Parker W. J., Wu G. H., 2006, Modifying ADM1 to include formation and emission of odorants, in: The first international workshop on the IWA Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1), Water Science and Technology 54 (4), 137–144

Production of biogas from solid waste: effects of temperature and substrate composition

K, Derbal[1], M, Bencheikh-Lehocine[1], D, Bolzonella[2], A-H, Meniai[1] and P, Pavan[3]

[1] Laboratoire de l'ingénierie des procédés de l'environnement (LIPE), Département de Chimie Industrielle, Université Mentouri, Constantine, Algeria, derbal_kerroum@yahoo.fr
[2] Department of Science and Technology, University of Verona, Italy,
[3] Department of Environmental Science, University of Venice, Italy,

Abstract. This article presents the influence of temperature and influent substrate composition on the produced biogas volume in an anaerobic Co-digestion of solid waste mixed with wastewater treatment plant sludge. Four cases of anaerobic digestion were considered. Digestion of waste sludge only and anaerobic co-digestion of sludge mixed with solid waste in mesophilic (T=35°C) and thermophilic (T=55°C) phases. The results obtained show that thermophilic co-digestion gives the best results, although the temperature has an effect on biogas production, it remains however quite relative compared to the effect of solid waste. They confirm, surely, that the combined effect of temperature and solid waste improves considerably the biogas production rate (GPR). Changing conditions from mesophilic to thermophilic ones for waste sludge alone and for waste sludge mixed with solid waste results in an increase of the GPR from 0.18 to 0.39 m^3/m^3*d and from 0.29 to 0.96 m^3/m^3*d respectively.

Keywords: Biogas, Temperature, solids waste, Co-digestion

1. Introduction.

Anaerobic digestion and co-digestion process are used to treat various sources of organic biodegradable solids wastes. This process contributes efficiently in solid waste reduction and biogas production [1]; [2]; [3]; [4]. The produced biogas contains mainly methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2). Methane could be a source of renewable energy producing electricity in combined heat power plants [5]. Considering the current cost of energy, anaerobic digestion is a well process adapted to the industrial organic concentrated wastes. The most common situation is when a major amount of a main basic easily biodegradable substrate (e.g. manure or waste sludge) is mixed and digested with minor amounts of a single or a variety of additional solid waste substrates [6]. The use of co-substrates usually improves the biogas yields from anaerobic digester [7].

In fact, anaerobic co-digestion process can be used for solid waste treatment under mesophilic or thermophilic conditions [8]; [9]; [10], organic solid wastes with or without wastewater treatment plant sludge [11]; [12], cheese whey [13], agro-industrial wastewaters [14], grey water from vacuum toilets [15], olive mill waste [16], [17], etc.

The objective of the present work is to see the effect of temperature and substrate composition thought the monitoring of the anaerobic digestion (waste sludge alone) and the co-digestion (solid waste + sludge waste), in mesophic and thermophilic phases.

2. Experimental.

2.1. Origin and characterization of substrate.

In the experimental study, two kinds of substrates were feed to digesters. The first is composed of wastewater treatment plant sludge whereas the second is a mixture of wastewater treatment sludge and solid wastes. The characterizations of the substrate were realized according the following configurations.

Parameters	Average	min	max	Std. Dev.	Nr. of Samples
pH	7.06	6.95	7.23	0.08	15
NH_4^+ (mg N/l)	3.33	2.00	5.00	1	6
TKN (mg N/l)	44.79	38.62	54.57	6.50	7
COD (mg COD/gTS)	609.22	517.74	715.89	63.52	9
Ptot (mg P/g TS)	772.83	658.51	936.06	95.15	6
TS (g/l)	38.89	34.82	42.12	2.28	12
TVS (g/l)	25.31	20.24	30.51	2.66	12
TVS (%TS)	65.11	58.13	77.34	6.18	12
VFA (mg COD/l)	5.86	4.193	7.5975	1.26	12

Table 1. Substrate characteristics (sludge waste, T=35°C)

Parameters	Average	min	max	Std. Dev.	Nr. of Samples
pH	6.97	6.88	7.07	0.06	19
NH_4^+ (mg N/l)	4.53	3.57	5.75	1	6
TKN (mg N/l)	40.00	6.64	47.46	13.56	9
COD (mg COD/gTS)	744.79	702.14	837.62	42.46	9
Ptot (mg P/g TS)	709.32	465.91	804.48	95.21	10
TS (g/l)	40.04	25.67	44.17	4.26	16
TVS (g/l)	24.13	14.97	27.20	2.84	16
TVS (%ST)	60.27	54.05	68.00	3.22	16
VFA (mg COD/l)	5.785	4.193	7.598	1.18	14
TA pH=6(mg$CaCO_3$/l)	175.33	136.64	201	20.86	19
TA pH=4(mg$CaCO_3$/l)	302.89	241.2	370.88	38.14	19

Table 2. Substrate characteristics (sludge waste, T= 55°C)

- Sludge alone at 37°C (mesophilic) in pilot scale 500 l digester ;
- Sludge alone at 55°C (thermophilic) in pilot scale 500 l digester ;
- Sludge mixed with organic solid waste at 37°C, (mesophilic) in an full scale industrial digester 2000 m^3;
- Sludge mixed with organic solid waste at 37°C, (thermophilic) in pilot scale 500 l digester.

Average values of the main parameters characterizing the different substrates are shown in table 1, 2, 3, 4 respectively. In fact these values are similar to average values of secondary sludge originated from activated sludge plants with solid concentration between 2.5 and 4%, volatile to total solids (TVS/TS) ratio of 65%.

Parameters	Average	min	max	Std. Dev.	Nr. of Samples
pH	6.517	5.93	6.93	0.28	48
NH_4^+ (mg N/l)	17.96	8	46.5	10	38
TKN (mg N/l)	47.88	40	52.55	3.54	23
COD (mg COD/gTS)	691.92	591.13	822.09	69.39	27
Ptot (mg P/g TS)	24.00	669.20	1182.99	172.40	23
TS (g/l)	39.09	28.98	48.08	3.28	47
TVS (g/l)	25.82	23.21	29.5	1.43	47
TVS (%TS)	64.96	57.14	69.99	2.57	47
VFA (mg COD/l)	225.808	22.583	1358.751	364.70	47
TA pH=6(mg$CaCO_3$/l)	201.56	39.04	400	92.35	49
TA pH=4(mg$CaCO_3$/l)	590.50	380	1268.8	201.43	48

Table 3. Substrate characteristics (sludge waste + solids waste, T= 35°C)

Parameters	Average	min	max	Std. Dev.	Nr. of Samples
pH	7.26	6.70	7.90	0.34	36
NH_4^+ (mg N/l)	3.88	1	13	4	24
TKN waste (mg N/l)	33.32	21.87	53.52	8.30	13
COD waste (mg COD/g)	996.20	829.73	1124.42	78.26	16
Ptot waste (mg P/g TS)	831.07	183.3454	1540.89	411.99	11
TKN sludge (mg N/l)	43.07	31.18	49.86	8.23	6
COD sludge (mg COD/l)	670.72	596.78	747.97	44.49	16
Ptot sludge (mg P/g ST)	603.43	241.71	770.55	149.73	10
TS waste (g/l)	160.17	71.97	269.92	56.42	38
TVS waste (g/l)	141.57	61.49	245.52	51.07	38
TVS waste (%TS)	89.43	73.73	94.71	4.28	38
TS sludge (g/l)	35.61	26.65	47.51	4.67	36
TVS sludge (g/l)	23.15	17.18	31.11	3.05	36
TVS sludge (%TS)	64.85	58.34	80.95	4.35	36
Waste flow (m^3/d)	0.00322	0.00232	0.00360	0.00	43
Sludge flow (m^3/d)	0.0193	0.0193	0.0193	0.00	43

Table 4. Substrate characteristics (sludge waste + solids waste, T= 55°C)

3. Feeding of digesters.

As mentioned previously, the experimental data were obtained from the monitoring of anaerobic co-digestion process for four digesters (03 pilots digester and 01 full scale digester). The pilot digester was continuously stirred (CSTR), without recycling. It is daily fed with 22.5 l of sludge waste in

thermophilc and mesophilic digestion, with an hydraulic loading rate of 1.3 kg TVS/m^3/day and hydraulic retention time of 20 days. The other pilote used for the co-digestion in thermophilic case was feed like the first one with 22.5 l of substrate (19.1 l sludge waste + over 3 kg of solid wastes) and a hydraulic loading rate of 1.8 kg TVS/m^3/day to maintain a hydraulic retention time (HRT) of 23 days, during all the experiments. The last digester, full scale digester, with 2000 m^3 of volume is used for the anaerobic co-digestion of solid waste with waste sludge in mesophilic case.

3.1. Analysis methods.

Daily influent and effluent analyses were made for pH, TS, TVS, TVFA, biogas volume and its composition, partial alkalinity (TA) and total alkalinity (TAC), NH^+_4. Other analyses were made two or three times a week, like COD, TKN and Ptot.

Analyses of COD, TS, TVS, pH, NH^+_4, TKN and Ptot were performed according to the standard methods for the examination of water and wastewater (1998). TVFA were analysed by gas chromatography equipped with flame ionization detector (FID) and a capillary column (15 m in length and a diameter of 0.53 mm), with hydrogen as a carrier gas (APHA, 1998). The biogas composition is obtained using a portable gas analyzer (Geotechnical Instrument, MOD. GA2000). It is also able to detect and measure the concentration of hydrogen sulphide in the biogas within a range of 1 to 5000 ppm. For the measurement of produced gas volume a hydraulic gas flow meter (Ritter) was used.

4. Results and discussion.

The results for the four studied anaerobic cases were obtained under stationary conditions. Therefore, the comparison between them can be undertaken considering the effect of temperature and the type of digestion (digestion or co-digestion) on different functioning parameters.

the obtained values of different functioning parameters of the (co)-digestion experiments under mesophilic and thermophilic conditions are resented (see figure 1, 2, 3, 4, 5). It should be noted that the volume of the mesophilic co-digester which is 2000 m^3 is 20 times larger than pilot scale digesters 500 l. Therefore, the absolute biogas volume produced is different from the other cases and cannot be used in the comparison.

Following, the comparison between the different parameter is presented.

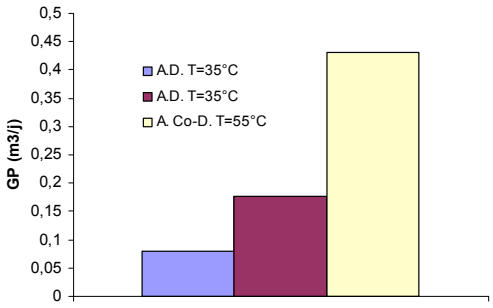


Fig. 1 Comparison of gas production (GP)

Figure 1 represents daily average biogas production values for the four studied cases; thermophilic co-digestion presents the best results. Eventhough temperature has a certain effect on biogas production, adding solid waste is a contributing factor to this production. In fact, solid wastes contain a high percentage of organic mater.

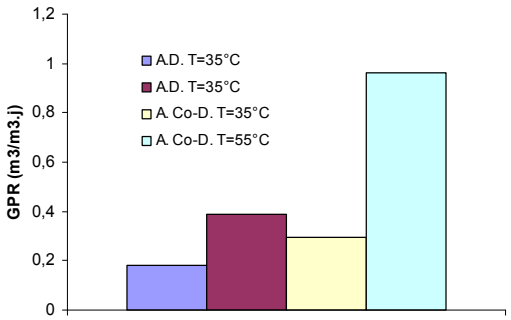


Fig. 2 Comparison of gas production rate (GPR)

The use of gas production rate GPR as a comparison parameter led us to include the data from the industrial scale digester. The results shown on figure 2 confirm that the combined effect of temperature and solid waste addition is positive and considerable. Moreover, thermophilic co-digestion presents the best GPR results wich are confirmed by values of SGP of figure 3. SGP is in relation with the biodegradability of the substrate and with anaerobic process reaction. SGP increased from 0.14 to 0.33 for digestion of wastewater sludge alone when temperature increased from mesophilic conditions (35°C) to thermophilic ones (55°C), whereas for a wastewater sludge mixed with solid waste this parameter increased from 0.31 to 0.51. Adding solid waste under mesophilic comditions results in an increase of SGP from 0.14 to 0.31 whereas under thermophilic conditions SGP increased from 0.33 to 0.51. The combined effect of increasing temperature from mesophilic conditions to thermophilic ones and adding solid waste to wastewater sludge increased SGP from 0.14 to 0.51.

Figure 4 presents the comparison of COD removal in the different studied cases. COD removal increased from 24% for wastewater sludge alone under mesophilic conditions to 49.35% for wastewater sludge mixed with solid waste under thermophilic conditions. Moreover, for TVS thermophilic co-digestion presents the best removal rate, 52.93%, as represented in table 5. As a treatment system, anaerobic co-digestion under thermophilic conditions presents the best removal rates as well as specific gas production. It should be underlined that changing working conditions from mesophilic to thermophilic ones increases anaerobic kinetic rates and as such the treatment capacity of a known volume will be increased as well. Adding solid waste contributes to the increase of biodegradable organic matter in the substrate (figure 5).

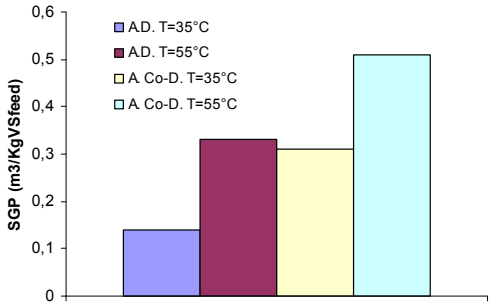


Fig. 3 Comparison of specific gas production (SGP)

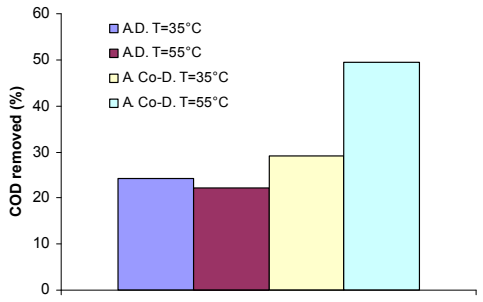


Fig. 4 Comparison of chemical oxygen demand removed (COD)

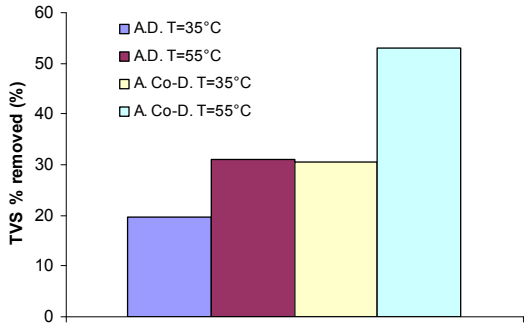


Fig. 5 Comparison of total volatile suspended removed (TVS)

4. Conclusion.

The analyses of the substrate waste sludge and organic waste showed that they are very rich in organic biodegradable matter which can be converted into biogas by means of the anaerobic digestion or co-digestion process. The analysis carried out on the effluent for different digesters showed the quality of the treatment as well as an acceptable conversion of the substrate to biogas in mesophilic and thermophilic phases.

The results obtained show that thermophilic co-digestion gives the best results. Although the temperature has an effect on the biogas production, there remains however quite relative compared to the effect of solid waste. These results confirm that the combined effect of the temperature and solid waste improves considerably the biogas production rate (GPR). The moving from mesophilic to thermophilic conditions, for waste sludge alone makes GPR pass from 0.18 to 0.39 m^3/m^3*d and for the waste sludge mixed with solid waste from 0.29 to 0.96 m^3/m^3*d.

The analysis of produced biogas showed that the percentage of biomethane is very high 60.37 and 64.44 for the digestion of sludge waste in mesophilic and thermophic phase respectively and 65.8 and 60.61 for the co-digestion of solids waste with sludge waste in mesophilic and thermophilic case respectively.

References

[1] Jewell W. J., "Future trends in digester region. In Proceedings of the 1st International Symposium on Anaerobic Digestion", Cardiff, Wales, Applied Science Publishers, London, 1979, pp. 17-21.

[2] Kayhanian M. and Tchobanoglus G. “Pilot investigation of an innovative tow-stage anaerobic digestion and aerobic composting process for the recovery of energy and compost from the

organic fraction of MSW". In Proceedings of the 1th International Symposium on Anaerobic Digestion, Venice, Italy, 1992.

[3] Vallini G., Cecchi F., Pavan P., Alvarez M. And Basseti A., "Recovery and disposal of the organic fraction of MSW by means of combined anaerobic and aerobic biotreatments", In proceedings of the 5th International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Wastes, Venice, Italy, 1992.

[4] Cout D., Genon G., Ranzini M. and Romano P., "Anaerobic co-digestion of municipal sludge and industrial organic waste", In Proceedings of the 7th International Symposium on Anaerobic Digestion, Johannesburg, South Africa, 1994.

[5] Clemens, J.; M. Trimborn; P. Weiland; and B. Amon, "Mitigation of greenhouse gas emissions by anaerobic digestion of cattle slurry", Agriculture, Ecosystems and Environment, 2006, 112: 171-177.

[6] Braun. R. 2002. Potential of Co-digestion, 2007, http://www.novaenergie.ch/iea-bioenergytask37/Dokumente/final.PDF. Access on Nov. 7th 2007.

[7] Mata-Alvares J., Macé S. And Libres P., "Anaerobic digestion of organic solid wastes. An overview of research achievements and perspectives", Bioresource Technology, 2000, 74, 3-16.

[8] Mace S., D. Bolzonella D., F. Cecchi F. and Mata Alvarez J., "Comparison of the Biodegradability of the grey fraction of municipal solid waste of Barcelona in mesophilic and thermophilic conditions", water science and technology, 2003, 48 (4), 21-28.

[9] Bolzonella David, Fatone Francesco, Pavan Paolo and Cecchi Franco, "Anaerobic Fermentation of organic municipal solid wastes for the production of soluble Organic compounds", Ind. Eng. Chem. Res., 2005[a], 44, 3412-3418.

[10] Bolzonella D., Innocenti L., Pavan P., Traverso P., Cecchi F., "Semi-dry Thermophilic digestion of the organic fraction of municipal solid wastes: focusing on the start-up phase", Bioresource technology, 2003, 86, 123-129.

[11] Kayhanian M. and Rich D., "Pilot-scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutriment requirements", Biomass and Bioenergy, 1995, 8 (6), 433-444.

[12] Bolzonella David, Pavan Paolo, Battistoni Paolo, Cecchi Franco, "Mesophilic Anaerobic digestion of waste activated sludge, influence of the solid retention time in the wastewater treatment process", Process Biochemistry, 2005b, 40, 1453-1460.

[13] Erguder T. H., Tezel U., Guven E., Demirer G. N., "Anaerobic Biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors", Waste Management, 2001, 21, 643-650.

[14] Goksel Demirer N., Duran Metin, Erguder Tuba H., Guven Engin, Ugurlu Orgen & Tezel Ulas, "Anaerobic treatability and biogas production potential studies of different agro-industrial wastewater in turkey", Biodegradation, 2000, 11, 401-405, Netherlands.

[15] Feng, Y., Behrendt, J., Wendland, C., Otterpohl, R., "Parameters analysis and discussion of the anaerobic digestion model No.1 (ADM1)", Water Science & Technology, 2006, 54, (4), 139–147.

[16] Fezzani Boubaker, Ben Cheikh Ridha, "Anaerobic co-digestion of olive mill wastewater with olive mill solid waste in a tubular digester at mesophilic temperature", Bioresource technology, 2007, 98, 769-774.

[17] Erguder T. H, Guven E., Demirer G. N., "Anaerobic digestion of olive mill wastes in batch reactors", Process Biochemistry, 2000, 36, 243-248.

Fuzzy predictor synthesis for wind speed

K, Elloumi-Zghal[1], M, Chtourou [1], M, Djemel[1], A, Khamlichi[2], M, Bezzazi[2]
R, Oulad Ben Zarouala[2]

[1]Intelligent Control design and Optimization of complex Systems Research Unit (ICOS), Department of Electrical Engineering, National School of Engineers at Sfax, Sfax, Tunisia, khouloud.elloumi@yahoo.fr
[2]Analysis and Simulation of Systems Laboratory, Department of Physics, Faculty of Sciences at Tetouan, Tetouan, Morocco, Khamlichi7@yahoo.es

Abstract. Wind speed prediction has a major role in controlling wind turbines and in ensuring a good supply of energy. In this work, a recurrent fuzzy predictor is synthesized for the wind speed prediction using a time series of wind speed real measurements. The training is based on the gradient algorithm. The prediction of both daily and hourly wind speed averages was performed by means of a Takagi Sugeno Kang fuzzy based model. The single-input-single-output and multi-input-single-output types of the synthesized fuzzy predictor were applied. The obtained results are encouraging and demonstrate that the proposed recurrent fuzzy predictor is able to provide good predictions of wind speed at different horizons of prediction.

Key words: Wind turbine, wind speed, Fuzzy predictor, non recurrent fuzzy predictor

1. Introduction

The increased use of energy has caused the depletion of fossil fuels reserves and increased the environmental pollution. Hence, the interest of recent research is focused towards the discovery and development of new forms of energy known as renewable energies. In this work, we focus on the wind energy which is considered as an inexhaustible, clean and well-efficient energy. Indeed, the kinetic energy of wind is converted into mechanical energy by the rotor of wind turbine, and then transformed into electrical energy to generate electricity. Thus, for proper and efficient use of wind power, the prediction of wind speed is very useful for certain control laws of wind turbines and serves also to ensure a good management for the electricity supply's systems.
It should be noted that in the literature, we can find two different strategies for the prediction of wind speed. The first strategy is based on spatial correlation models [1,2]. These models consider spatial relationships between wind speeds at different locations and use atmospheric recording data. They can achieve in general high accuracy of prediction. The second strategy takes into consideration only the characteristics of the wind farm itself. These models are based on various atmospheric data such as pressure, temperature and of course speed and direction of the wind [3]. The combination of the wind direction with statistical methods and/or intelligent methods has proven to be successful [4-7].
This paper is organized into five sections. Section 2 describes the dynamics of the fuzzy system where the training is based on the gradient algorithm. The computation of the recurrent Sugeno Kang fuzzy (TSK) fuzzy predictor and the identification algorithm are presented in section 3. The synthesized predictors are used for predicting the daily and hourly averages of wind speed. In this second case, two

types of second order fuzzy predictor are considered: Single Input Single Output (SISO) and Multi Input Single Output (MISO). Finally a conclusion is given in section 5.

2. Fuzzy systems

Fuzzy systems can be regarded as systems that use linguistic rules to establish relationships between their input and output variables. Having the property of universal approximation, a fuzzy model input-output is able to reproduce the dynamics of nonlinear systems. A system can be described as

$$y(k+1) = F\left[y(k),...,y(k-n_y+1),u(k),...,u(k-n_u+1)\right] \quad (1)$$

where y, u, n_y, n_u are respectively the system output, the system input, the order of the system and the order of the control process. F is often an unknown nonlinear function.
According to the nature of their inputs, fuzzy models (FM) are classified into two types:
- Series fuzzy model input-output: non recurrent fuzzy model (NRFM). In this case, the model is used to predict at every moment the future output of the process based on old inputs and outputs.
- Parallel fuzzy model input-output: recurrent fuzzy model (RFM). In this case the fuzzy model is designed to be used independently of the process. The model receives its output at earlier times.
It should be noted that the NRFM is a special case of RFM with hp = 1.
In the case of RFM, the training is based on the gradient algorithm described by the equation

$$\Delta\theta = -\varepsilon_\theta \frac{\partial J_{hp}}{\partial \theta} \quad (1)$$

where θ is the vector of model's parameters and J_{hp} is expressed as

$$J_{hp} = \frac{1}{2}\sum_{h=1}^{h=hp} e(k+h)^2 = \frac{1}{2}\sum_{h=1}^{h=hp}\left[y(k+h) - y^e(k+h)\right]^2 \quad (2)$$

with hp is the horizon of prediction and y^e is the predicted output.

3. Fuzzy predictor

In this paper we consider the case of the fuzzy model input-output TSK-recurrent type [8, 9].
Hence the fuzzy rules are written as follows

$$R_r : if \quad \left[x1 \, is \, A_r^1 \, and \ldots x_n \, is \, A_r^n \right] \quad then \quad \left[y = a_r^0 + \sum_{i=1}^{i=n} a_r^i .. x(k+1-i) \right] \quad (4)$$

3.1. Computation of the RFM-TSK output

The computation of the output of the FM $y^e(k+1)$ is achieved in three stages:
- The output of each rule r is computed using the following equation

$$y_r^e(k+h) = a_r^0 + \sum_{i=1}^{i=n_{y^e}} a_r^i y^e(k+h-i) + \sum_{i=1+n_{y^e}}^{i=n_u+n_{y^e}} a_r^i u(k+h+n_{y^e}-i) \quad (5)$$

- The degrees of activation for each rule are computed from the following expression

$$\alpha_r = \prod_{i=1}^{i=n_{y^e}} \mu_{A_r^i}(y^e(k+h-i)).\prod_{i=1+n_{y^e}}^{i=n_u+n_{y^e}} \mu_{A_r^i}(u(k+h+n_{y^e}-i)) \quad (6)$$

The membership function $\mu_{A_r^i}(x_i)$ of the r rule associated with the variable x_i is a Gaussian function: $\mu_{A_r^i}(x_i) = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x_i - c_r^i}{\sigma_r^i}\right)^2\right)$.

- The final value of the output resulting from all rules is finally computed as

$$y^e(k+h) = \frac{\sum_{r=1}^{r=R} \alpha_r y_r^e(k+h)}{\sum_{r=1}^{r=R} \alpha_r} \quad (7)$$

3.2. Identification algorithm of the RFM

The vector of fuzzy model's parameters θ has a variable size depending on the number of fuzzy rules, order and number of entries in the fuzzy model. It is of the form

$$\theta = \left[c_r^i \;\; \sigma_r^i \;\; a_r^i \;\; a_r^0 \right]^T \quad (8)$$

The adjustment of the vector θ is done at each *hp* points. Along this prediction's horizon, the parameters of the fuzzy model are assumed constant. The combination of equations (2) and (3) gives

$$\theta(t+1) = \theta(t) + \varepsilon_\theta \sum_{h=1}^{hp} e(k+h) \frac{\partial y^e(k+h)}{\partial \theta} \quad (9)$$

Since the output $y^e(k+h)$ is based on previous outputs of the fuzzy model, its derivative can be explicitly calculated in terms of derivatives with respect to θ of μ_r and previous outputs.

The recurrent fuzzy model is used in the following to predict wind speed from the database of wind speed measurements.

4. Wind speed prediction

In order to predict the wind speed, two wind speed databases are used. The first one represents the daily average wind speed provided by the Meteorological Institute of the region of Sfax-Tunisia. The second database represents the measurements per hour of the speed and wind direction. This database has been provided by the website of the Holland Meteorological Institute (Royal Netherlands Meteorological Institute) [10].

4.1. Prediction of daily average wind speed

This database consists of a single element which is the daily average wind speed. Table 1 presents statistical results that give the mean and variance of wind speed for each month and year.

Month	Monthly Average	Variance
January 2006	3.18	1.47
January 2007	2.9	0.8
January 2008	3.597	2.466
January 2009	3.464	2.256
February 2007	3.8	1.64
February 2008	2.236	1.539
February 2009	3.34	0.96

Table 1. Statistical results of wind speed as function of month and year

We synthesize a fuzzy predictor type SISO for the prediction of the future values of the daily wind speed. A second order predictor has been found to be a good choice.

4.1.1. Single-step predictor: NRFM

In this case, the general form of the fuzzy rules writes as

$$R_r: \ if \ \left[V(k) \text{ is } A_r^1 \text{ and } V(k-1) \text{ is } A_r^2 \right] \ then \quad V_r^e(k+1) = a_r^0 + a_r^1 . V(k) + a_r^2 . V(k-1)$$

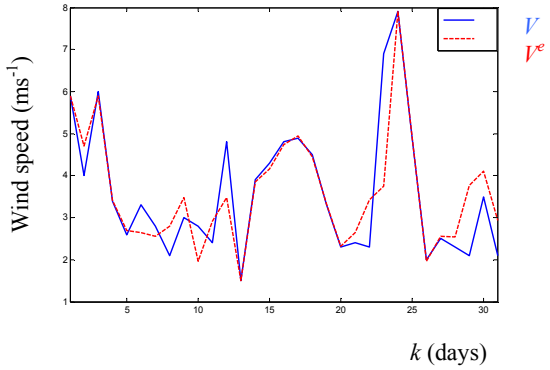


Fig. 1 Evolution of the real wind speed and the predicted one using a second-order SISO NRFM based on training database (January 2008)

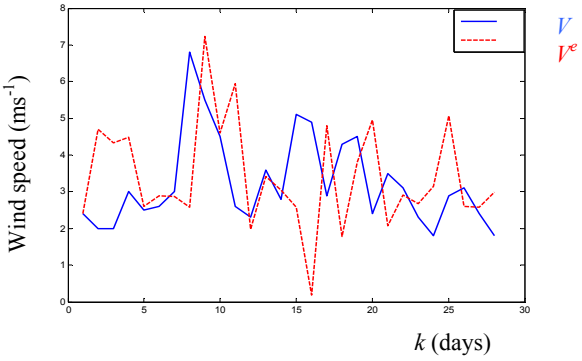


Fig. 2 Evolution of the real wind speed and the predicted one using a second-order SISO MFNR based on validation data (February 2008)

Since the domain of each input variable is partitioned into 5 fuzzy sets, the fuzzy predictor is composed by using 25 rules. Figure 1 shows the predictor output using the training basis. In Figure 2, the predicted output is presented using a validation set. First, we used measures of February 2008, the sum of errors between the actual and predicted values is

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{28} \left(V(k) - V^e(k) \right)^2 = 51.59 \qquad (10)$$

The validation is done using the daily average of January 2009 for which the sum of errors is 32.18.

The prediction results are better in the case of January 2009; this confirms the phenomenon of seasonality. We will therefore consider in the following a recurrent predictor for the test database.

4.1.2. Multi-step predictor: RFM

For the prediction of the daily average wind in the case of RFM, the input vector for the membership functions is: $\left[V^e(k)\ \ V^e(k-1)\right]$. The conclusions of the fuzzy rules are written as follows

$$V_r^e(k+1)=a_r^0+a_r^1.V^e(k)+a_r^2.V^e(k-1)$$

Simulations are performed with the number of fuzzy rules R=25, the vector of iterations steps $\left[\varepsilon_a\ \ \varepsilon_c\ \ \varepsilon_\sigma\right]=\left[0.001\ \ 0.00001\ \ 0.00001\right]$ and the prediction horizon hp=3.

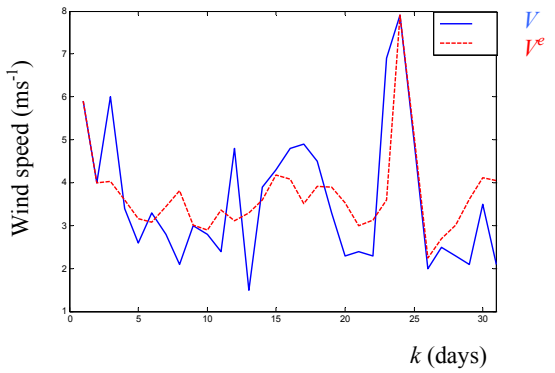


Fig. 3 Evolution of the real wind speed and the predicted one of second-order SISO MFR based on training database (January 2008)

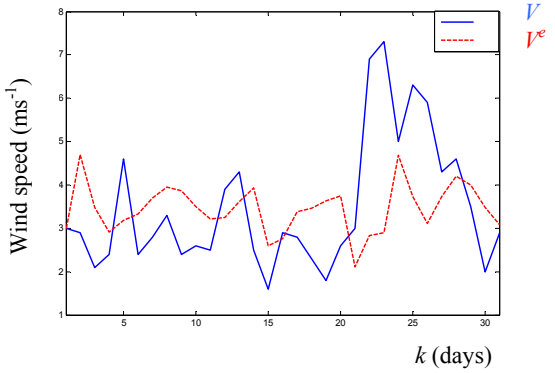


Fig. 4 Evolution of the real wind speed and the predicted one of second-order SISO MFR on test database (February 2008)

The previous two figures present the evolution of the real and the predicted wind speed described by a second order MFR SISO based respectively on the learning and the validation phase. The sum of the errors obtained in the validation phase is equal to 38.77.
Simulation results for the case of daily average wind speed are far from their actual values. This poor prediction is due to the large number of fuzzy rules and to the database which is not enough rich.

4.2. Prediction of hourly average wind speed

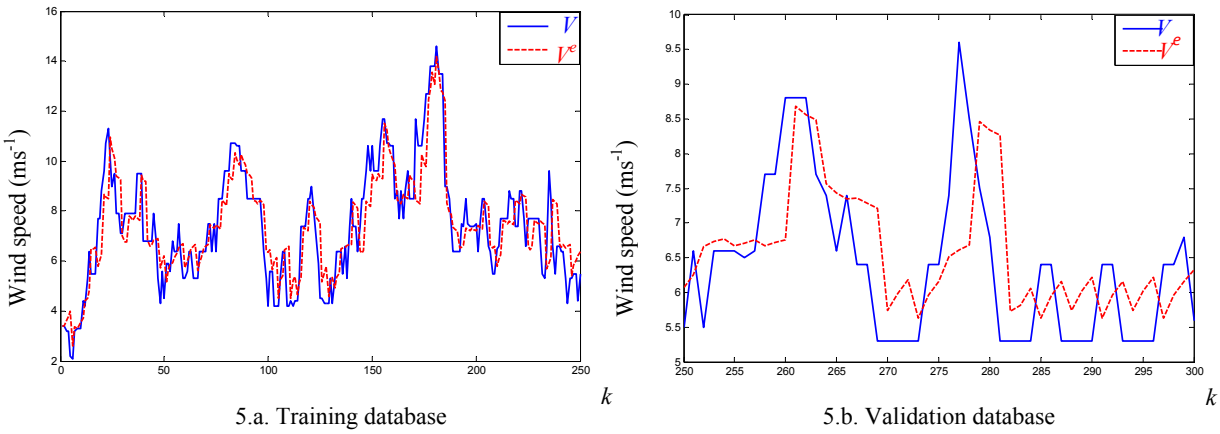
The first time series represents the hourly measurements of the wind speed and the wind direction in January 2005. In this experience, we used the measurements from the station 370 of Eindhoven [8]. The measurements of the wind speed are taken at a height of 10 m and are expressed in m/s. The wind direction is measured by taking the north as reference and is expressed in degrees. Subsequently, we consider at first a fuzzy predictor of SISO type. In this case, the wind speed is considered to be the only input of the fuzzy model. After that a fuzzy predictor of MISO type is considered. In this case, the inputs of the fuzzy model are the wind speed and wind direction.
Since the mono-step model is a special case of RFM with a prediction horizon equal to1, only the multi-step case will be presented for the hourly average prediction.

4.2.1. Second order SISO fuzzy predictor

The general form of fuzzy rules can be written as

$$R_r:\ if\ \left[V^e(k)\ is\ A_r^1\ and\ V^e(k-1)\ is\ A_r^2\right]\ \ then\ \ \ V_r^e(k+1)=a_r^0+a_r^1.V^e(k)+a_r^2.V^e(k-1)$$

The number of fuzzy rules is fixed at 9 and the prediction horizon hp is chosen to be equal to 3. Figure 5 shows simulation results for a SISO fuzzy predictor of second order in the recurrent case. Figure (5.a) represents the evolution of the real and the predicted wind speed for the learning base, while Figure (5.b) represents the evolution of the real wind speed and the predicted one for the validation base.



5.a. Training database 5.b. Validation database

Fig 5. Evolution of the real and the predicted wind speed with a second order MFR SISO

To test the performance of the predictor, we compute the sum of errors between the real wind speed and the predicted one for the validation base. This value is equal to 25.34.

SISO fuzzy recurrent predictor is thus not so good. In order to improve the prediction results, we will synthesize a MISO fuzzy predictor. As a hypothesis, we will consider the future speed to be either given by a first order law $V(k+1) = f[V(k)]$ or a second order law $V(k+1) = f[V(k), V(k-1)]$. The results of wind speed prediction in the case of first-order predictor were found to be insufficient in the event recurring. Subsequently, we present a recurrent MISO fuzzy predictor of second order.

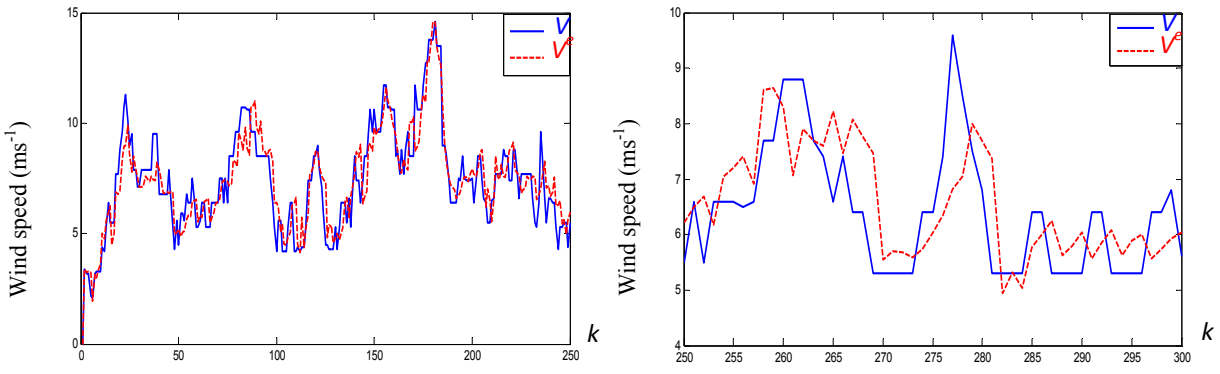
4.2.2. Second order MISO fuzzy predictor

As stated earlier entries of the fuzzy model are both speed and wind direction.

In the recurrent case, the predictor receives as input its own output at previous times. So, the general form of fuzzy rules can be written as follows

$$R_r : \; If \; \left[V^e(k) \text{ is } A_r^1 \text{ and } V^e(k-1) \text{ is } A_r^2 \text{ and } D^e(k) \text{ is } A_r^3 \text{ and } D^e(k-1) \text{ is } A_r^4 \right]$$

$$Then \quad V_r^e(k+1) = a_r^0 + a_r^1 V^e(k) + a_r^2 V^e(k-1) + a_r^3 D^e(k) + a_r^4 D^e(k-1)$$



6.a. Training database 6.b. Validation database

Fig. 6 Evolution of the real and the predicted wind speed with a second-order MISO RFM

Even if we partition the domain of each input variable into only 5 fuzzy sets, the fuzzy predictor is composed by 81 rules.

Figure 6 illustrates the evolution of the real and the predicted wind speed with a second-order MISO RFM. In this case, the prediction horizon $hp = 3$.

In this case, the sum of errors is equal to 22.98. These results are better than those obtained by the second order RFM SISO and also those obtained by the first order RFM MISO.

5. Conclusion.

In this paper we have presented an application of recurrent fuzzy predictor to multi-step wind speed prediction. A RFM is trained to predict the wind speed at different horizons of prediction. The simulation results have shown that the proposed method is suitable for second order MISO fuzzy predictor in the case of hourly average wind speed prediction.
As the present model proved to be successful in predicting the mean hourly wind speed, we are planning to extend this work in order to improve the performance by a fusion approach of inputs to reduce the number of rules.

Acknowledgements

This work was possible due to the support given by the "Koninklijk Nederlands Meteorologisch Institute" (http://www.knmi.nl/samenw/hydra/register/index.html). The authors would like to sincerely thank this institute for having provided wind data.

References

[1] T.G. Barbounis, "Locally reccurent neural networks for long-term wind speed and power prediction", Neurocomputing ,vol. 69, 2006, pp. 466-496.
[2] T.G. Barbounis, "Locally recurrent fuzzy neural networks for wind speed prediction using spatial correlation", Information Sciences, vol. 177, 2007, pp. 5775–5797.
[3] P.E Pinson, "Wind Power Forecasting using Fuzzy Neural Networks Enhanced with On-line Prediction Risk Assessment", IEEE Bologna Power Tech Conference, 2003.
[4] E.A. Hui Liu, "A hybrid statistical method to predict wind speed and wind power", Renewable Energy , vol. 35, 2010, pp. 1857-1861.
[5] A.K. Markarand, "Wind speed prediction using statistical regression and neural network", Earth Syst. Sci. , vol. 117, 2008, pp. 457-463.
[6] M.E. Monfared, "A new strategy for wind speed forecasting using artificial intelligent methods", Renewable Energy , vol. 34, 2009, pp. 845-848.
[7] B. Mehmet, "Application of artificial neural networks for the wind speed prediction of target station using reference stations data", Renewable Energy ,vol. 32, 2007, pp. 2350–2360.
[8] M. Sugeno, G.T. Kang, "Structure identification of fuzzy model", Fuzzy Set. Syst., 28, 1988, p.p.15-33.
[9] T. Takagi, M. Sugeno,"Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control", IEEE T. Syst. Man Cyb., SMC-15(1), 1985, pp.116-132.
[10] http://www.knmi.nl/samenw/hydra/register/index.html

Neural Control Strategies for Variable Speed Wind Turbine

C. Brahmi [1], M. Chtourou [1], M. Djemel[1], A. Khamlichi[2], M. Bezzazi[2] and R. Oulad Ben Zarouala[2]

[1] Intelligent Control, design, Optimization of complex Systems Research Unit ENIS, Department of Electrical Engineering, University of Sfax, 3038 Sfax, Tunisia, email: Cherifa.brahmi100@yahoo.fr
[2] Modeling and Simulation of Mechanical Systems Laboratory, Department of Physics, Faculty of Sciences at Tetouan, BP. 2121, M'hannech, 93002 Tetouan, Maroco, email: bezzazi@yahoo.fr

Abstract. Control of variable speed wind turbines is a complex problem since these systems are nonlinear and time varying. In general, current control techniques do not take into account the stochastic and dynamical aspect of wind and they are not robust. In order to overcome these weaknesses, neural approaches are proposed: a direct neural model of the wind turbine is elaborated and then an inversion neural controller is developed. In order to optimize the power generated by the wind turbine, a neural controller which tracks the optimal rotor speed was elaborated. Finally, some improvements of the neural controller that are used to ameliorate the results are reviewed. The neural controllers were tested using a simple mathematical model of wind turbines and the obtained results have shown very good performances.

Keywords: Wind turbine, power optimization, neural modeling, neural control.

1. Introduction.

Variable speed wind turbines have received a great deal of attention in recent years. Structural loads can be reduced and energy capture increased with variable speed operation. In addition, the significant power excursions common to constant speed turbines are avoided. However, sophisticated control algorithms are necessary for variable speed wind turbines to be profitable and reliable: intelligent approaches are introduced in control of these machines [1, 2, 3, 4]. The objective is to optimize for them power efficiency and to enhance quality during operating conditions.

Many approaches were used to control wind turbines especially classic techniques based on PI or PID controller [5,6]. These techniques had not given however acceptable results especially with the presence of uncertainties. To improve the performance, advanced controller design methods have been investigated such as LQG, H-infinity, fuzzy logic controllers and neural network methods [1].

Aerodynamic forces acting on wind turbines are turbulent in nature. Wind speed is known to vary stochastically [7]. As a result, it is impossible to predict the captured aerodynamic torque from single point wind speed measurements. Therefore, one is lead to elaborate more adequate control procedures for wind turbines which enable to deal with the presence of uncertainties such as neural controllers [3].

This paper suggests a control of a variable speed wind turbine using neural controller. It is structured as follows: We start this study with presenting the mathematical model of the wind turbine. Next, a

model based on the neural network is derived in section 2. Section 3 aims to elaborate a neural controller for variable speed wind turbine and to give some improvements of the developed controller.

2. Modeling of the wind turbine.

The wind power acting on the swept area by the blade S is a function of the air density ρ (kg.m$^{-3)}$ and the wind speed v (m.s^{-1}). The transmitted power P (W) is generally deduced from the wind power using the power coefficient C_p, as:

$$P = \frac{1}{2}\rho S v^3 C_p \tag{1}$$

The power coefficient is a non-linear function of the tip speed-ratio λ, which depends on the wind velocity and the rotation speed of the generator torque w_g. The captured aerodynamic torque depends on the power coefficient $C_p\,(\lambda, \beta)$ as [8]:

$$T_a = \frac{\rho \pi R^2 V^3}{2 n w_g} C_p(\lambda, \beta) \tag{2}$$

where n is the gear ratio between the primary and the secondary shafts and R is the blades rotor radius.

The power coefficient $C_p\,(\lambda, \beta)$ is estimated using aerodynamic data obtained from wind tunnel measurements. It is generally represented under the form of an analytical formula which gives $C_p\,(\lambda)$ for various values of parameter β. In the literature [4] one finds the following approximation:

$$C_p(\lambda, \beta) = \left(\frac{c_1}{\tilde{\lambda}} - c_2\beta - c_3 \right) e^{-\frac{c_4}{\tilde{\lambda}}} + c_5\lambda \tag{3}$$

with $\frac{1}{\tilde{\lambda}} = \frac{1}{\lambda + c_6\beta} - \frac{c_7}{\beta^3 + c_8}$ where coefficients c_i ,$i=1,\ldots 8$ are identified from real C_p curves.

The rigid model with only one degree of freedom is described by the following equation:

$$J_t \dot{\omega}_g = n T_a + n^2 T_g - D_t \omega_g \tag{4}$$

with $J_t = J_a + n^2 J_g$ and $D_t = D_a + n^2 D_g$, T_g , θ_g, $\omega_g = \dot{\theta}_g$, J_a, J_g, D_a, D_g, are the generator torque, the azimuthally position of the high speed shaft, the rotational speed of the high speed shaft, the moment of inertia of rotor side masses, the moment of inertia of generator side masses, the mechanical damping in the rotor side and the mechanical damping in the generator side respectively.
Denoting $x = \omega_g^2$ and using equations (2) and (4) we find the following equation for the wind turbine dynamics in terms of x :

$$\dot{x} + \frac{2D_t}{J_t} x = \frac{\rho \pi n^2 R^3}{J_t} v^3 C_p\left(\frac{R}{nv}\sqrt{x}, \beta \right) + \frac{2n^2 T_g}{J_t}\sqrt{x} \tag{5}$$

This equation is nonlinear. So use is made of neural network in order to describe in a pertinent way the wind turbine and get more realistic results.

3. Neural modeling.

Neural networks have been applied in many engineering fields to deal with problems such as recognition, estimation and control [2,5,9,10,11]. There are several types and architectures of neural networks depending fundamentally on the way they learn. The structure of the used neural network is the multi-layer perceptron.

The wind speed profile used for simulation is given in figure1. The mean value of the wind speed is 7 m/s.

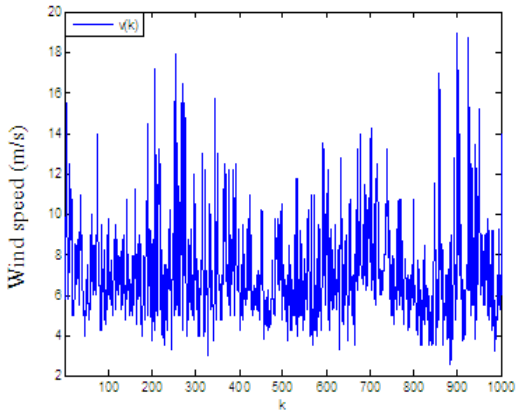


Fig. 1 Wind speed profile

Numerical simulations had been performed in the case of variable speed wind turbine with the following parameters: $\beta_{opt} = -1°$, $\rho = 1.225\ kg.m^{-3}$, $R = 21.38\ m$, $n = 43.165$, $J_a = 3.25 \times 10^5\ kg.m^2$, $J_g = 34.4\ kg.m^{-2}$, $D_g = 37\ Ns.m^{-1}$, $D_a = 15\ Ns.m^{-1}$.

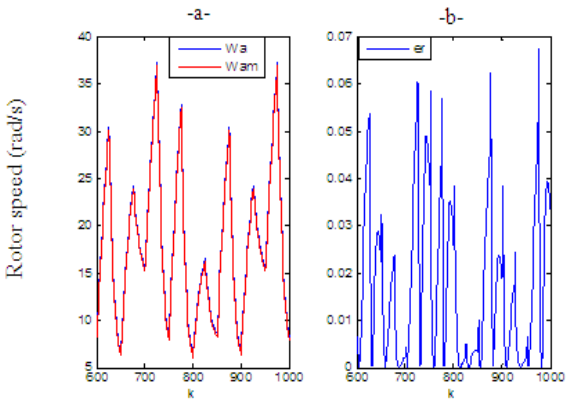


Fig. 2 Rotor speed and modeling error during the test phase

The mathematical model of the wind turbine described by (5) is simulated to gather a data base for the training of the direct neural model (DNM). This DNM is then used to elaborate a neural controller. The proposed DNM has three inputs: the rotor speed Wa (k), the generator torque Tg (k) and the wind speed V (k). Wa (k+1) is the output of this model. The parameters of simulation are taken as ε=0.4 ; N=1000 and N_c=6 which has been chosen after many tests. The behaviour of the DNM on a test data set is illustrated by figure 2. A small static error between the real and the estimated rotor speed can be observed.

4. Neural control.

In this section, we have used a neural controller, the inverse neural model INM, put in cascade with the process. The control structure used is illustrated by figure 3.

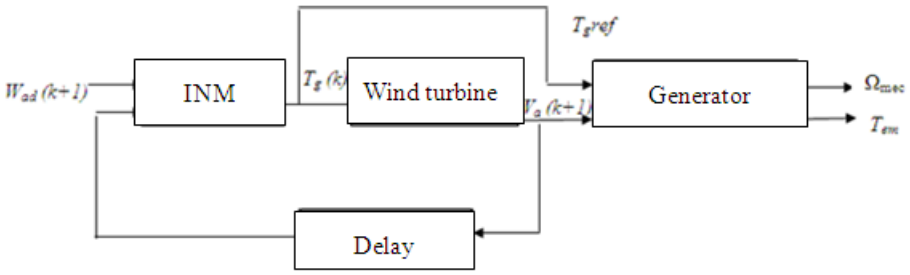


Fig. 3 Control structure

4.1. The INM controller.

To develop the INM controller, we have used the structure described by figure 4.

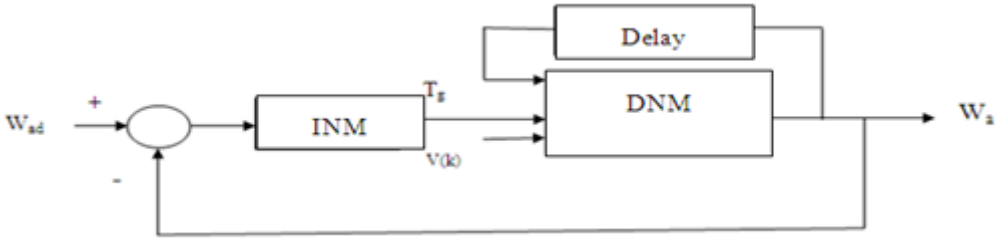


Fig. 4 the scheme of development of the INM controller

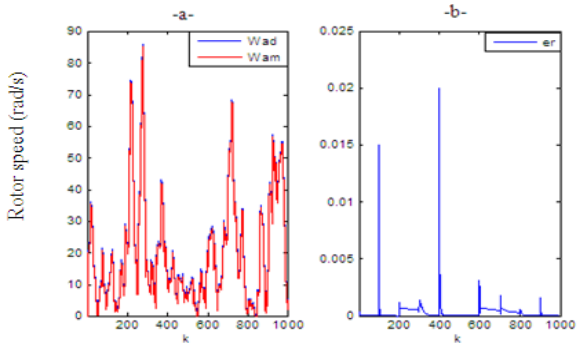


Fig. 5 Rotor speed and the error during the phase of synthesis

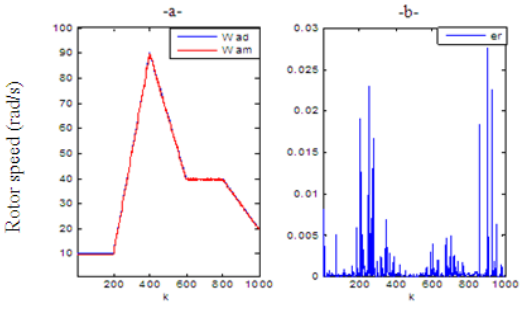


Fig. 6 Rotor speed and the error during the test phase

The INM controller has three inputs: the actual rotor speed Wa(k) calculated by the DNM, the desired speed Wad(k+1) which has been changed randomly during the phase of synthesis and the wind speed V(k). The generator torque Tg (k) is the output of this controller.

The parameters of simulation are ε=0.4; N=1000 and N_c=7. N_c was selected after many tests.

Figure 5 describes the rotor speed and the error during the phase of synthesis. It seems that the output of the model follows adequately the desired output. This shows that the controller has undergone a satisfactory learning. The sum of the errors is Ec = 0.0315.

The developed controller has been used to provide the adequate control action at each sampling. We obtained the results depicted in figure 6 during the test phase. According to this figure, we remark that there is an acceptable follow of the instructions. This shows that the controller has undergone a satisfactory learning. The sum of errors is Ev=0.0625.

In order to test the robustness of the neural controller here elaborated, we have chosen the wind speed profile given in figure 7. The obtained results are given in figure8. A small static error between the actual and the desired rotor speed can be observed

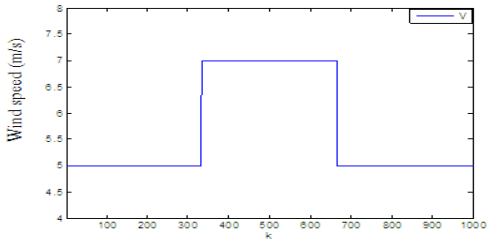


Fig. 7 Wind speed profile

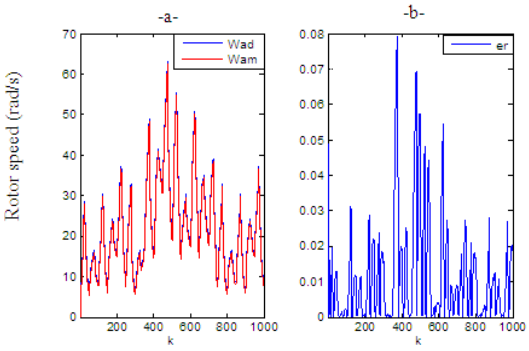


Fig. 8 Rotor speed and error during the test phase

4.2. Neural control with power maximization

In this part, we have minimized the following criterion:

$$J(k+1)=\frac{1}{2}[W_{aopt}(k+1)-W_a(k+1)]^2$$

Where $W_{aopt}(k+1)=\lambda_{opt}\dfrac{R}{V(k+1)}$ is the optimal rotor speed and $\lambda_{opt}=7$.

In this phase, the desired output is changed by the optimal rotor speed. Figure 9 illustrates the variation of the optimal rotor speed and the model's output.

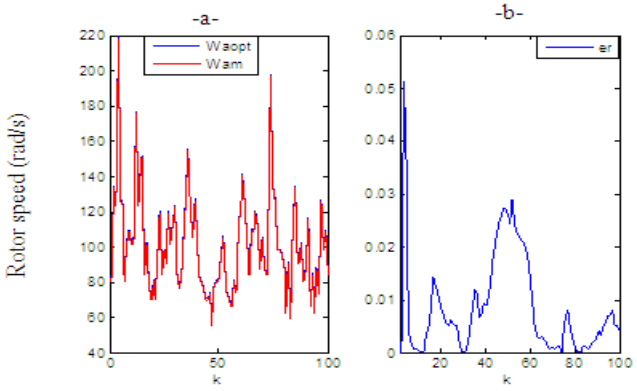
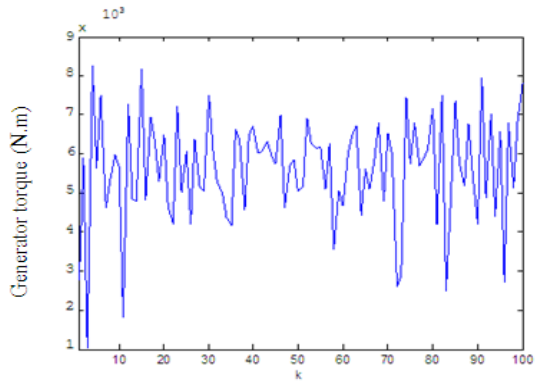


Fig. 9 Rotor speed and the error during the phase of synthesis



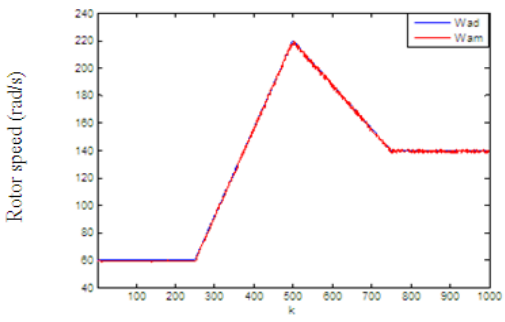


Fig. 10 The variation of the generator torque

Fig. 11 Rotor speed and the error during the test phase

According to figure 9, we found that the output of the model follows adequately the output of the process and a small static error can be observed (about 0.0612).

The behavior of the control action T_g is illustrated in figure 10. In the validation phase, we have obtained the results illustrated by figure 11. According to this figure, we note that the output of the model follows the desired output properly which means that the controller has undergone a satisfactory learning. So we can conclude on the performance of the developed controller.

To enhance accuracy of the developed controller, we have chosen to introduce some improvements

4.3. Improvements of the neural control

We have adopted essentially two strategies to improve the performance of the developed neural controller: hybrid control and iterative aspect.

- ❖ Iterative aspect

This approach calculates iteratively the control signal by minimizing the following criteria:

$$T_g^{iter+1}(k) = T_g^{iter}(k) - \varepsilon \frac{\partial J_1(k+1)}{\partial T_g^{iter}(k)}$$

where $J_1(k+1) = \frac{1}{2}[W_{aopt}(k+1) - W_a(k+1)]^2$

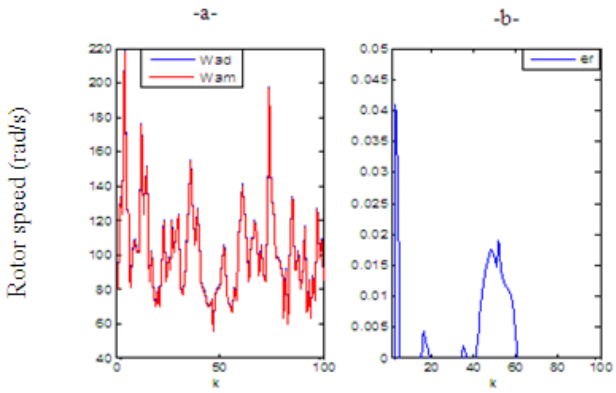


Fig. 12 Rotor speed and the error during the phase of synthesis

Figure 12 shows the variation of the desired rotor speed (the optimal rotor speed) and the model's output. According to this figure, the static error is small: the sum of errors is about 0.0415.

- ❖ Hybrid Control

This approach consists on operating simultaneously a conventional controller and a connectionist model to perform a control system dynamics. The control action is the sum of two control terms.

$$T_g(k) = T_{gMNI}(k) + T_{gI}(k)$$

with $T_{gI}(k) = T_{gI}(k-1) + q1[W_{aopt}(k) - W_a(k)]$ and $q1=0.03$.

Figure 13 illustrates the variation of the desired rotor speed and the output of the model. According to this figure, we note that this approach has reduced the static error. It becomes equal to 0.0527.

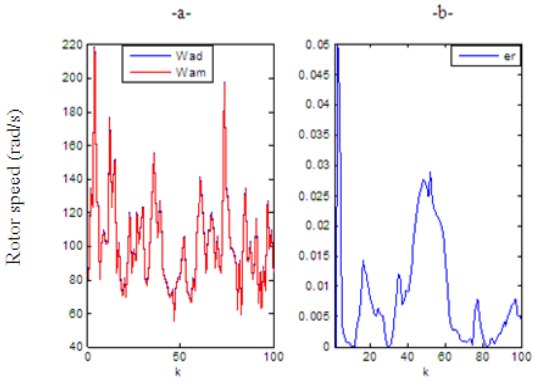


Fig. 13 Rotor speed and error during the phase of synthesis

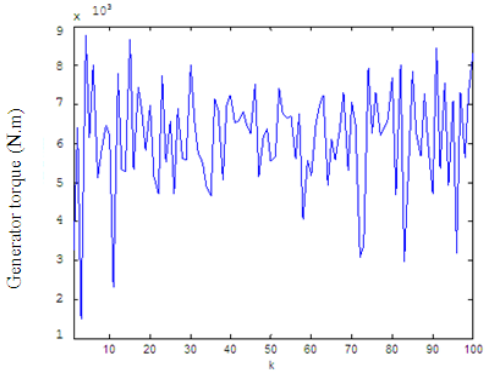


Fig. 14.The variation of the generator torque

Comparing the results of our study, it seems that the first approach is better since it has reduced the static error more than the hybrid control. The behavior of the control action T_g is described by figure 14.

5. Conclusions.

Conventional control of wind turbine as a nonlinear and uncertain system poses many problems and does not generally achieve the desired performance. Robust control laws using neural networks which are known by their ability to learn complex behaviors were then developed in this work. Some improvmetns of this controller were also invetigated. Simulations have shown acceptable results and good performance as to tracking error and varaitions of the genrator torque.

References

[1] T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins and E. Bossanyi, Wind Energy Handbook. Wiley, Chichester, UK. 2001.
[2] A.Wright. Modern Control Design for Flexible Wind Turbines. Ph.D. thesis. Boulder, CO: University of Colorado, USA. 2003.
[3] A. Boukhezzar. Nonlinear control of variable-speed wind turbines for generator torque limiting and power optimization. Journl. Solar Energy Engineering, Trans. ASME 128(4): (pp. 516 – 530). 2006.
[4] F.D. Bianchi, H. De Battista and R.J. Mantz. Wind Turbine Control Systems: Principles, Modeling and Gain Scheduling Design. Springer-Verlag London Limited. 2007.
[5] N.K .Kasabov. Foundation of neural networks, fuzzy systems and knowledge engineering, Second edition. A Bradford Book, The MIT Press. 1998.
[6] F.L. Luo, and R. Unbehaben. Applied neural networks for signal processing. Cambridge University Press. 1998.
[7] D.E. Rumelhart, G. Hinton and R. Willams. Learning internal representation by error propagation. in Parallel distributed processing: exploration in the microstructure of cognition. Foundations (Vol. 1). Cambridge, Mass, MIT Press. 1986.
[8] H. Camblong. Minimisation de l'impact des perturbations d'origine éolienne dans la génération d'électricité par des aéroturbines à vitesse variable. PhD thesis ENSAM. Bordeaux. 2003.
[9] L. Fausett. Fundamentals of Neural Networks: architectures, algorithms and applications. Prentice Hall, NY, USA. 1994.
[10] C.M. Bishop. Neural Netwoks for pattern recontion. Clarendon Press. Oxford. UK. 1995.
[11] M.A. Arbib. Handbook of brain theory and neural networks. Second edition. A Bradford Book. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, Enland. 2003.

Extended Kalman filter based control for wind turbines

A, Khamlichi[1], R, Oulad Ben Zarouala[1], B, Ayyat[1], M, Bezzazi[1], C, Vivas Venegas[2], M, Chtoutoru[3], M, Djemel[3]

[1]Modelling and Analysis of Systems Laboratory, Faculty of Sciences at Tetouan, Morocco, khamlichi7@yahoo.es
[2]Team Engineering Systems and Automatics, High Engineering School at Seville, Spain, cvivas@esi.us.es
[3]Research Unit of Intelligent Control design and Optimization of complex Systems (ICOS), Department of Electrical engineering, ENIS, Sfax, Tunisia, Mohamed.Chtourou@enis.rnu.tn

Abstract. An advanced technique for wind turbines control which is based on the extended Kalman filter is proposed. This exponential filter enables building a wind speed observer that tracks accurately the mean tendency of real wind speed. It is considered within the framework of known controllers including the Indirect Speed Control and Aerodynamic Torque Feed forward control. Simulations have shown that, in comparison with the classical Kalman filter based controls, the proposed wind speed observer yields excellent performance in terms of the extracted electric energy efficiency, generator torque fluctuations and fatigue loads.

Key words: Wind turbine, Nonlinear control, Robust observer, Extended Kalman filter

1. Introduction.

Wind technology has experienced tremendous progress during the last decade. This was motivated by the need to develop ambient friendly clean and renewable forms of energy and also by the staged oil price rise. Sophisticated designs of wind turbines were developed and large-scale wind turbine farms are nowadays producing electricity at great scale throughout the world. Wind energy represents actually the most growing renewable energy.

The cost of wind energy has not always been cheaper than the other classical energy resources, if one does not consider the impact on environment and the risk linked to these old energies. The cost has however experienced a regular drop since the early 1970s. Cost reduction continues to be a main concern in the field of wind energy and research and development programs are considering it as a top priority. The objective is to extract optimal electric energy from wind with high quality specifications and with reduced installation and servicing costs [1-3]. Among the topics of first interest that enable to deal with cost reduction and its stabilisation in the field of wind turbines, one finds controller design of these installations. Control serves to guarantee a better use of the available energy in wind and to extract it in an optimal fashion. Three main goals are pursued in general during design of wind turbine controllers. The first one is to optimize use of the wind turbine capacity through optimal extraction of electric energy from the kinetic energy contained in the incident wind. The second goal is to reduce fatigue loads in order to increase life of wind turbine components. The third is to enhance the power quality in order to approach the habitual performances encountered in the classical forms of energy

and to guarantee compatibility of wind energy with the common standards regarding consumption of electricity [4].

Control must also take into account variability of wind resource and cope with the intermittent nature of wind energy. The idea is to exploit optimally the wind resource when it is available and to limit overloading at risky high wind speeds. For this raison modern wind turbines are variable speed. They function by seeking optimal orientation of the wind turbine rotor and by pitching the blades to reduce the captured energy from wind when wind speed exceeds a limit.

Modern wind turbines have incorporated electronic converters as an interface between the generator and the grid. This enables to decouple the rotational speed of the electric generator from that of the grid. The electric generator speed can in this way be varied in order to track the optimal tip-speed-ratio which is function of the instantaneous wind speed. Many configurations of active controllers were developed for this purpose [5-7]. But in practice, pitch control of wind turbines is the most performant known technology in this field.

Robustness appears to be a main feature in the controller design of wind turbine systems since they are so complex and work in the presence of many uncertainties affecting system parameters and inputs. For instance, the system is elastic in reality and vibrates according to complex patterns. The aerodynamic forces generated by the wind passing through the rotor plane are highly nonlinear. Wind speed varies stochastically and can not be measured through the whole rotor plane to use this information in control. These nonlinearities lead to huge variations in the dynamics of the wind turbine through the whole operating range of useful wind speeds.

To optimize conversion efficiency of kinetic energy contained in wind to electric energy, advanced strategies of control without using wind speed measurement had been introduced. This was performed in the context of linearized wind turbine models [8]. More advanced nonlinear controllers were presented in [9, 10]. While not using wind speed measurement, these last are based on nonlinear observers built by using the extended Kalman filter. They were found to provide reliable information about wind speed, enabling to design control in continuous time without the need to make linearization of the system dynamics. These observers were implemented in the classical controllers: aerodynamic feed forward torque control (ATF) [11] and indirect speed control (ISC) [12].

In order to assess the new controller's performance, a comparative study was conducted in the below-rated power zone by taking as reference several classical controllers. Comparison had been carried out in terms of accuracy in tracking the reference optimal rotor speed, the aerodynamic torque capture efficiency, control signal characteristics and the generated mechanical forces. It was found that the advanced controllers are quite relevant; they are robust and give better enhancement of power conversion efficiency.

2. Extended Kalman filter based advanced controllers.

The aerodynamic torque acting on a wind turbine results from the local action of wind flowing around the blades. Each elementary contribution depends on wind speed, the rotor speed, the actual blade pitch, the yaw error and any other motion owing to elasticity of the wind turbine structure. Except from wind speed and aeroelastic effects, each of the other contribution inputs to aerodynamic torque may be monitored by specific control systems. In the particular case of variable speed wind turbines, these installations can operate at different speeds. Pitch-regulated wind turbines are controlled by

modifying the blade orientation about its proper longitudinal axis to change the wind incident angle. Neglecting aeroelastic and elastic effects, dynamics of the wind turbine rotor can be described by a rigid body model as

$$J\dot{\omega}+K_d\omega=T_a-T_g \tag{1}$$

where ω is the rotor speed, J the equivalent inertia of power train, K_d the equivalent damping coefficient, T_g the applied generator torque and T_a the aerodynamic torque.

Denoting $C_p(\lambda,\beta)$ the wind turbine power coefficient which is function of the pitch angle β and the tip-speed ratio λ, the aerodynamic torque acting on the low-speed shaft writes

$$T_a=\frac{1}{2}\rho\pi R^3 v^2\frac{C_p(\lambda,\beta)}{\lambda} \tag{2}$$

where ρ is the air density, R the rotor radius and v the effective wind speed.

The tip-speed ratio is defined as $\lambda=\omega R/v$. Because of the speed multiplication, the high-speed shaft rotates with the rate $\omega_g=n\omega$, where n is the gear box multiplication factor.

It should be noted that the effective wind speed in equation (2) is not the average wind speed flowing through the rotor plane, but some hypothetical wind speed that may be identified. This can be performed if one fixes the pitch angle and the rotor speed, then measures the aerodynamic torque and solves the nonlinear for v equation (2). Using a reference wind speed instead of the unknown effective wind speed will result in wind speed error and consequently aerodynamic torque error. These two errors are not perfectly correlated since for the aerodynamic torque, air density and aerodynamic coefficients of rotor blades may in addition vary as function of the ambient conditions or because of wear and erosion of the blades.

Surface defining $C_p(\lambda,\beta)$ depends on the geometric configuration of the wind turbine blades and the aerofoils composing them. This surface admits a unique maximum denoted $C_{p,opt}$ which is obtained for $\beta=\beta_{opt}$ and $\lambda=\lambda_{opt}$. As the extracted power is given by $P_a=\rho\pi R^2 v^3 C_p(\lambda,\beta)/2$, energy extraction from the kinetic energy of wind is maximal for $C_p(\lambda,\beta)=C_{p,opt}$.

Considering only the below-rated power zone 2 where the objective is to adjust the rotor speed to wind speed such that the captured aerodynamic torque is always optimal, fixing the pitch angle constant and equal to its optimal value β_{opt}, the tip-speed ratio is then forced to track the optimal value λ_{opt} by modifying the rotor speed.

For a given wind speed v, the optimal rotor speed is defined by $\omega_{opt}=\lambda_{opt}v/R$. The control problem consists then in synthesising the generator torque T_g needed to adjust the rotor speed ω to its optimum value. The option of choosing T_g as the control variable is justified by the fact that this last is quite easy to generate through swift and effective electric machine controllers using either vector control [13] or direct torque control [14].

In order to track the optimal rotor speed, a reliable measure of the effective wind speed, v, is especially required. Since this is not possible in reality, designing controllers that do not need wind speed measurement is an attractive alternative. In the following a wind speed observer is built through using the extended Kalman filter. This observer is implemented in the well-known controllers ISC [12] and ATF [11,13]. In their original forms, these two controllers are far from being optimal and lack robustness. To overcome these deficiencies, feed back nonlinear controllers using Kalman based wind speed observer were introduced [8]. This was performed in two steps: estimation of the aerodynamic torque and deduction of the wind speed from it by solving the nonlinear equation (2) where a Newton-Raphson like iterative scheme is used. Based on this technique of observing wind speed, a Nonlinear Static State Feedback control with Estimator (NSSFE) and a Nonlinear Dynamic State Feedback control with Estimator (NDSFE) were derived. These controllers were shown to be robust in comparison with the classic ISC and ATF [8]. However, the major difficulty resulting from estimating wind speed by using the aerodynamic torque value is linked to the necessity to perform at each time inversion of the nonlinear equation (2). This is numerically costly. On the other hand Kalman filter requires a local linearization of system equations. Considering multiple linearizations performed over the whole below-rated zone 2 results in a conservative condition on stability which limits control performance.

A direct estimation of wind speed by means of the nonlinear extended Kalman filter is proposed here without using aerodynamic torque estimation. The idea consists in using a time dependant Riccati like equation to construct a robust continuous observer of the effective wind speed which is capable of rejecting system perturbations and disturbances that are acting on the generator torque T_g [15,16]. Assuming that the dynamics of wind speed v is driven by a Gaussian white noise such that $\dot{v} = \xi$ and the noise affecting measurement of the rotor speed ω is ζ, denoting the state vector $x = [\omega \quad v]^t$, the observable variable $y = \omega + \zeta$ and the input variable $u = T_g$, the state system equations write

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \dot{\omega} \\ \dot{v} \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} -\frac{K_d}{J}\omega + \frac{1}{J}T_a(\omega, v) \\ 0 \end{bmatrix}}_{f(x,u)} + \begin{bmatrix} -\frac{1}{J} \\ 0 \end{bmatrix} T_g + \begin{bmatrix} 0 \\ \xi \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega \\ v \end{bmatrix} + \zeta = Cx + \zeta \tag{4}$$

For a dynamic system governed by equations (3) and (4), an exponential observer which is based on the extended Kalman filter can be constructed [15] as

$$\dot{\hat{x}} = f(\hat{x}, u) + K(t)\left(y - C\hat{x}\right) \tag{5}$$

with $K(t) = P(t)C^t S^{-1}$ and $\dot{P}(t) = A(t)P(t) + P(t)A^t(t) - P(t)\left(C(t)S^{-1}C - c_1^2 I\right)P(t) + c_2^2 I$, where I is the identity matrix having dimension of x, S the symmetric definite positive matrix defining noise correlations, $c_1 > 0$, $c_2 > 0$ are the weights and

$$A(t)=\frac{\partial f}{\partial x}(\hat{x},u)=\begin{bmatrix} -\frac{K_d}{J}\omega+\frac{1}{J}\frac{\partial T_a}{\partial \omega} & \frac{1}{J}\frac{\partial T_a}{\partial v} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

To find the weighting constants c_1 and c_2, the following bisection algorithm is proposed:

- step 1: first guess of $c_1>0$, $c_2>0$ and $S=sI$ with $s>0$;
- step 2: decreasing s by replacing it by $s/2$ until matrix P is positive definite;
- step 3: if it is impossible to find a positive definite matrix P, then $c_2>0$ is decreased to its half and $S=sI$ is reinitialized and steps 1 and 2 are repeated.

The iterations are stopped if $c_2>0$ is lesser than a given critical value. In the present case $c_1=0.9$, $c_2=0.087$ and $s=0.06$ were found to be the best weights.

To characterize performances of the various controllers, an efficiency ratio is defined over the period of time $\left[t_{ini},t_{fin}\right]$ as the actual electric energy produced divided by the ideal optimal energy that could be extracted from the kinetic energy contained in the incident wind. This efficiency ratio writes

$$\eta=\frac{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} p_{extracted}\,dt}{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} p_{optimal}\,dt}=\frac{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} T_g\omega_g\,dt}{\int_{t_{ini}}^{t_{fin}} T_{a,opt}\omega_{opt}\,dt} \quad (7)$$

where $p_{extracted}=T_g\omega_g$ is the real electric power extracted at time t and $p_{optimal}=T_{a,opt}\omega_{opt}$ the theoretical optimal power that could be extracted.

3. Results and discussions.

To examine efficiency of controllers, the experimental wind turbine called CART [17] is considered. This two-bladed wind turbine has largely been studied in the literature related to control purposes. The low-speed shaft is coupled by means of a gear box to the high-speed shaft. This last constitutes the rotor of the induction electric generator. The mean characteristics of CART wind turbine are: $R=21.38\,m$, $n=43.165$, hub height $H=36.6\,m$. Here the CART wind turbine is assumed to have the nominal power $p_n=850\,kW$.

Simulations were performed by using a stochastic wind speed, $v(t)$, having a mean value of 12 $m.s^{-1}$, turbulence characteristic length $L=15\,m$ and standard deviation $\sigma=0.5$. This source power of wind was considered during the time interval of simulation $\left[0,600\,s\right]$.

The reference Kalman filter based robust controllers NSSFE and NDSFE are considered in this comparative study. Their performances are evaluated through simulations carried out under Matlab environment where use was made in particular of *Kalman* and *ode45* commands. Newton-Raphson iterations were also implemented when necessary. The obtained results are compared to the new proposed extended Kalman filter based robust controllers ISC_EKF and ATF_EKF with the same conditions of functioning regarding disturbances and measurement noise. Three kinds of results were

focused on: the generator torque which is related to the energetic cost of control, the energetic efficiency of control defined in terms of ratio η, and the torque acting on the low-speed shaft which is related to fatigue loads.

Table 1 summarizes the obtained results over the time interval $[0,600\,s]$ for the generator torque and the mechanical torque T_{ls} in the low-speed shaft. It gives their mean values and maximum variations. It gives also the extracted power efficiency associated to each considered control method. The generator torque and the mechanical torque results could be classified into two categories: high fluctuated torque (NSSFE, NDSFE) and low fluctuated torque (ISC_EKF, ATF-EKF).

	Mean T_g (kN.m)	ΔT_g (kN.m)	Mean T_{ls} (kN.m)	ΔT_{ls} (kN.m)	η (%)
NSSFE	138.4	32.4	167.4	16.67	79.70
NDSFE	138.4	61.4	167.4	40.20	79.81
ATF_EKF	146.1	8.1	174.0	5.21	82.19
ISC_EKF	142.4	23.3	170.9	8.45	83.08

Table 1: Control performances in terms of generator torque variations, mechanical torque in the low speed shaft and the extracted power efficiency for the various controls

The obtained results show that for NSSFE and NDSFE controllers, the generator torque and low-speed shaft overloads are maximum while power efficiency is minimum. This shows that the proposed extended Kalman filter based methods perform better than the Kalman filter based controllers NSSFE and NDSFE. Comparing the new proposed controls between them shows that the ATF_EKF is better than ISC_EKF in terms of generator torque fluctuations and fatigue loads, wile power the ISC_EKF controller has a slight better power efficiency.

4. Conclusion.

Using a one-degree-of freedom rigid mechanical model for wind turbine in the below-rated power zone, various controllers have been considered. These include some recent robust controllers using Kalman filter to make wind speed estimates and the new proposed controllers which combine judiciously classic controllers and extended Kalman filter based wind speed observers. While robustifying indirect speed and aerodynamic torque feed forward controllers, the new controls were found to perform better than the conventional ones. They limit to large extent generator fluctuations and also fatigue loads, whereas they enable maximising the extracted electric power energy.

References

[1] T. Ackermann, L. Söder, 2002. An overview of wind energy-status 2002, Renewable and Sustainable Energy Reviews 6(1-2), 67–127.

[2] P. Gardner, A. Garrad, P. Jamieson, H. Snodin, A. Tindal, 2003. Wind energy, the facts, Technical report, European Wind Energy Association (EWEA), Brussels, Belgium

[3] A. Sahin, 2004. Progress and recent trends in wind energy, Progress in Energy and Combustion Science 30, 501–543.

[4] T. Ackermann, 2005. Wind Power in Power Systems, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK.

[5] T. Burton, D. Sharpe, N. Jenkins, E. Bossanyi, 2001. Wind Energy Handbook, John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, UK.

[6] M. Hansen, A. Hansen, T. Larsen, S. Øye, P. Sørensen, P. Fuglsang, 2005. Control design for a pitch-regulated, variable speed wind turbine, Technical Report RISO-R-1500(EN), Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.

[7] T. Thiringer, A Petersson, 2005. Control of a variable-speed pitch-regulated wind turbine, Technical report, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.

[8] B. Boukhezzar, H. Siguerdidjane, M. Maureen Hand, 2006. Nonlinear control of variable-speed wind turbines for generator torque limiting and power optimization, ASME Transactions: Journal of Solar Energy Engineering 128: 516-530.

[9] C. Vivas, F. Castano, A. Khamlichi, M. Bezzazi, F. Rubio, July 2008. On the robust adaptive control of wind turbines without wind speed measurements, Controlo'2008. 8th Portuguese Conference On Automatic Control. UTAD, Vila Real.

[10] M. Bezzazi, A. Khamlichi, B. Ayyat, R. Oulad Ben Zarouala, L. El Bakkali, C. Vivas, G. De Saxcé, 2010. Advanced control for wind turbine by using high performance wind speed observer, World Renewable Energy Congress XI, WREC2010, Abu Dhabi, UAE.

[11] H. Vihriälä, R. Perälä, P. Mäkilä, L. Söderlund, 2001. A Gearless Wind Power Drive: Part 2: Performance of Control System, Proceedings of the European Wind Energy Conference, Copenhagen, Denmark.

[12] W.E. Leithead, D. Connor, 2000. Control of variable speed wind turbines: Design task. International Journal of Control, 73: 1173-1188.

[13] R. Pena, J.C. Clare, G.M. Asher, 1996. A doubly fed induction generator using back-to-back power converters supplying an isolated load from a variable speed wind turbine, IEE Proc.-Electr. Power Appl, 143(5), pp. 380-387

[14] S. Arnalte, J.C. Burgos, J.L. Rodriguez-Amendeo, 2002. Direct torque control of a doubly-fed induction generator for variable speed wind turbines, Electric Power Components and Systems, 30(2), pp. 199-216.

[15] A. Gelb, 1984. Applied optimal estimation. Cambridge, MA: MIT Press.

[16] L.J. Fingersh, K.E. Johnson, 2002. Controls Advanced Research Turbine (CART) Commissioning and Baseline Data Collection, NREL/TP-500-32879, Golden, NREL, CO.

[17] K. Reif, F. Sonnemann, R. Unbehauen, 1999. Nonlinear State Observation Using H-infinity Filtering Riccati Design, IEEE Transactions on Automatic Control, 44(1), pp. 203-208.

Photocurrent Improvement in *AlGaAs* Quantum Well Solar Cells

A. Belghachi, and A, Talhi

Laboratory of Semiconductor Devices Physics, Physics Department, University of Béchar, P.O. Box 417, Béchar, Algeria email: abelghachi@yahoo.fr

Abstract. The quantum well solar cell (QWSC) was first introduced by Barnham and co-workers [1] as a novel device in which a series of quantum wells (QWs) forms the *i*-layer of a *p-i-n* solar cell. Studies have shown that the insertion of such a series of quantum wells into the depletion region of a solar cell can significantly enhance the cell's short-circuit current and hence the efficiency of the solar cell [2,3]. Experimental results show that the insertion of quantum wells results in an increased photocurrent. An accurate modelling of the absorption spectra of quantum well is of considerable importance in optimizing the performance of QWSC. In the present work we evaluate the generated photocurrent in an $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ *p-i-n* solar cell using a simple approach. In this model, firstly Schrödinger equation is solved numerically to determine the confined energy states in a single quantum well, the second step consists of calculating the absorption coefficient $\alpha(\lambda)$ taking into account the allowed valence to conduction bands transitions. Finally the total photocurrent is analysed for various structure parameters specifically; width, height (related to the aluminium concentration *x*), and number of wells inside the intrinsic layer. The simulated results confirm the enhancement brought about by the presence of quantum wells, this improvement could attain up to 40% of the photocurrent.

Keywords: solar cell, quantum well, absorption coefficient.

1. Introduction

In the past few years multi-quantum well (MQW) solar cells have attracted an increasing interest mostly because of their high solar energy conversion. The inclusion of MQW in the intrinsic region of *p–n* or *p–i–n* solar cell of wider bandgap (barrier) material can be expected to improve the spectral response of the cell in the energy region below the absorption edge of host material. The photocurrent is then determined by lower-bandgap (well) material, while the output voltage would be determined by barrier material. The characteristics of the well, its width and depth, determine the absorption edge and the spectral response of the MQW solar cell. Longer wavelengths can be absorbed if the quantum well is deeper, leading to a higher photocurrent in the cell. Whereas, the output voltage is related to the width of the host material band gap, the recombination in the well and interfaces between barriers and wells. Therefore, in choosing the depth of the wells one has to compromise between the photocurrent and the output voltage. The number of wells is an important factor too, wider wells improve the absorption, but a smaller number of wells fit in the intrinsic region. Whereas, a large number of narrow wells with lower photon absorption can be inserted in the same intrinsic layer. Increasing the number of wells enhances the photocurrent provided the recombination at the interfaces is reduced. In this article, we report a simple theoretical approach which shows the importance of inserting a MQW

into the intrinsic region of a *p-i-n* $Al_xGa_{1-x}As$ solar cell that can significantly enhance the photocurrent. The photocurrent is calculated as a function of width and the number of wells. The wells in this simulation are considered uncoupled with barriers of sufficient width so as to separate wells from each other, as shown in figure 1. Thus the wells can be treated as individual structures.

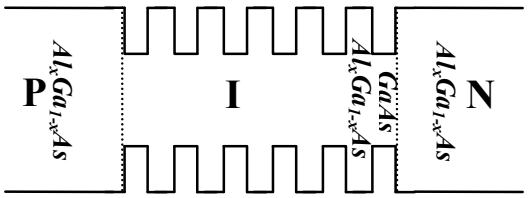


Fig. 1. Schematic diagram of the investigated *p-i-n* $Al_xGa_{1-x}As$/GaAs MQW/ $Al_xGa_{1-x}As$ solar cell. Layers parameters respectively are: ***P***; 0.05 µm, $p = 10^{19}cm^{-3}$, ***I***; 1µm, $n = p = 1.79\times10^{6}cm^{-3}$, ***N***; 1µm, $n = 10^{19}cm^{-3}$

The confinement of the carriers in the well results in discrete energy levels. In the valance band there are two such sets of levels as a result of the different effective masses of heavy and light holes. In the quantum wells the generation is calculated from Fermi's golden rule governing transition probabilities between electron and hole well states. These are found by solving numerically the effective mass Schrödinger equation for electrons and holes confined in the QW. The photocurrent is calculated from the diffusion equation applied to photogenerated minority carriers in bulk and well material [4]. The current density in the intrinsic region of *p-i-n* $Al_xGa_{1-x}As$ MQW solar cells is calculated with the consideration of a number of geometrical parameters, namely; the width, the depth (which is related directly to the mole fraction of the Aluminium *x*) and the number of wells in the intrinsic region.

2. Absorption Coefficient

Prior to the calculation of the absorption coefficients of $Al_xGa_{1-x}As$ MQW Schrödinger equation for one dimensional single square quantum well is numerically solved. The quantum-mechanical motion of a carrier inside the well is described by a wave function $\psi_{e,h}(z)$ solution of the Schrödinger equation for the unperturbed potential for electrons *(e)* and holes *(h)* as follows:

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m^*_{e,h}}\frac{d^2}{d\,z^2}+V_{e,h}(z)\right]\psi_{e,h}(z)=E_{e,h}\,\psi_{e,h}(z) \qquad (1)$$

Where $\hbar$ is Planck constant, $m^*_{e,h}$ is the carrier effective mass, $E_{e,h}$ the carrier energy and $V_{e,h}(z)$ is the potential energy of the finite well determined by the energy discontinuity between well and barrier material [5]. In the GaAs /AlGaAs system, this discontinuity can be expressed as 1.247 *x* at $T = 300$ K for $x < 0.45$, where *x* represents the mole fraction of the Aluminium in the alloy. This discontinuity is then split between conduction and valence bands with a split ratio of 0.6/0.4 [6,7]**.**

The finite difference technique is used for the solution of the Schrödinger equation mainly due to its simplicity and efficiency for this kind of problems.

The well absorption coefficient is then calculated by summing over the electron-heavy hole and electron-light hole transitions:

$$\alpha_w(E) = \alpha_c(E) + \sum_n \alpha_{e_n - hh_n}(E) + \sum_n \alpha_{e_n - lh_n}(E) \quad (2)$$

Where $\alpha_c(E)$ is the absorption coefficient of the continuum, which could be approximated to the barrier absorption coefficient and determined using the well known relation for direct transitions as follows:

$$\alpha_c(E) = A(h\nu - E_g)^{1/2} \quad (3)$$

Where A = 3.5.10^4 cm^{-1} (for $Al_xGa_{1-x}As$ for x<0.4), $h\nu$ is the photon energy and E_g is the semiconductor energy band gap, at room temperature (300K) the band gap energy is $E_g(x)$ = 1.424 eV + x 1.247 eV [8]

$\alpha_{e_n - hh_n}(E)$ and $\alpha_{e_n - lh_n}(E)$ are the well absorption coefficients of the confined nth heavy and light holes transitions respectively. To calculate these parameters we adopt the ideal quantum well model suggested by Rimada and revised later by Lade et al [7]:

$$\alpha_{e_n - hh_n}(E) = \frac{\pi q^2 E_p}{4\pi\varepsilon_0 n_r c m_0 E \ell \hbar} \frac{m_{e,w_{xy}} m_{hh,w_{xy}}}{m_{e,w_{xy}} + m_{hh,w_{xy}}} Y(E - E_n) \quad (4.a)$$

$$\alpha_{e_n - lh_n}(E) = \frac{\pi q^2 (E_p/3)}{4\pi\varepsilon_0 n_r c m_0 E \ell \hbar} \frac{m_{e,w_{xy}} m_{lh,w_{xy}}}{m_{e,w_{xy}} + m_{lh,w_{xy}}} Y(E - E_n) \quad (4.b)$$

where Y is the step function and ℓ is the quantum thickness of the heterostructure, where E_p = 23 eV; $m_{e,w}$ and $m_{hh,w}$ are the well electron and heavy hole effective masses, ε_0 is the dielectric constant, n_r is the well refractive index, E_n are the transition energies, q the electronic charge, c the speed of light in a vacuum, $\hbar$ is the Planck constant over 2π and m_0 is the free electron mass. For the electron-light hole transitions E_p is replaced by E_p /3 and the heavy hole masse by the light hole masse $m_{lh,w}$ Eq. (4b).

Figure 2 represents the calculated absorption coefficient ($\alpha(E)$) versus the photon energy (E) for different well widths (50, 100 and 200 Å) for a fixed aluminium molar fraction x = 0.4 (E_g = 1.922 eV) in the barrier. The absorption coefficient of the continuum is plotted for comparison. It can be seen clearly that the absorption inside the quantum well is significant, which can be explained simply by the lower confined energy levels inside the well and a shift of the absorption energy threshold towards lower energies. Two distinct regions can be observed; the first one is due to the transition from the bound states in the well and corresponds to low energies. This fraction of the curve has a stair-like shape which fits well with discrete transition levels in both the valence and conduction bands. The number of stairs depends on the number of allowed transitions. The second part of the curve matches with the absorption by the continuum.

In figure 3, the absorption coefficient is plotted versus photon energy for different aluminium fraction x in the barrier material (0.2, 0.3 and 0.4) while maintaining the well width at 100 Å. The absorption coefficient of GaAs (x =0) is plotted for comparison. The curves comprise of two distinct regions the first one (stair-like form) illustrates the contribution of the bound states in the well while the second represents the absorption of the continuum energy range. As the fraction x is increased the depth of the well is increased then absorption threshold shifts to greater energies and the number of stairs is also increased.

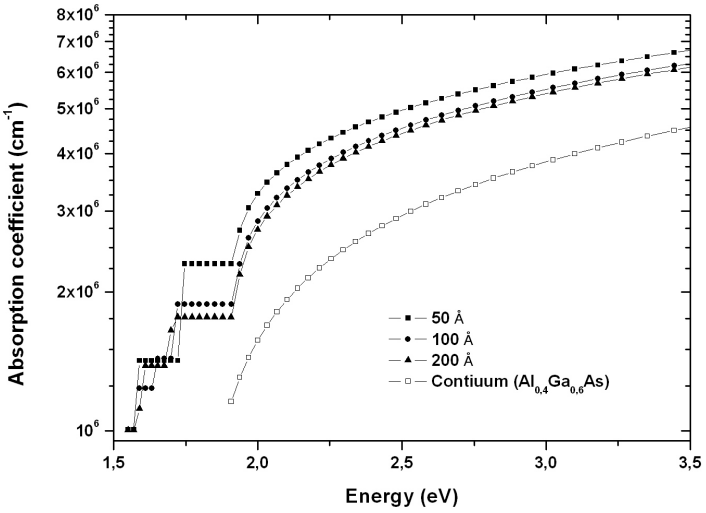


Fig. 2. Absorption coefficient of a $Al_{0.4}Ga_{0.6}As/GaAs/Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ single quantum well for different thicknesses

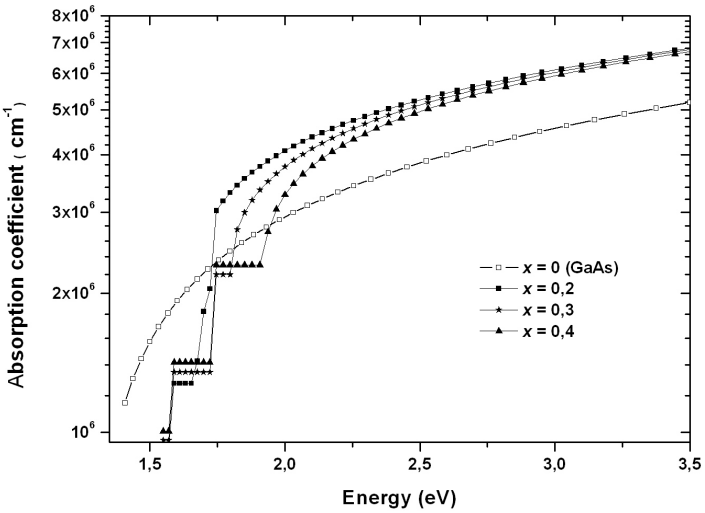


Fig. 3. Absorption coefficient of a $Al_xGa_{1-x}As/GaAs/ Al_xGa_{1-x}As$ 100 Å single quantum well for different aluminium molar fractions x.

3. Spectral response

The total photocurrent generated by the quantum well solar cell is the sum of the photogenerated current at the *n* and *p* layers together with current at the intrinsic layer.

$$J_{Ph}(\lambda) = J_{Ph,N}(\lambda) + J_{Ph,P}(\lambda) + J_{Ph,IQW}(\lambda) \tag{5}$$

Where $J_{Ph,N,P,IQW}(\lambda)$ are the photocurrent densities at the *n*, *p* and *i* regions respectively.

The photocurrents of *n* and *p* layers are determined using commonly known expressions [9].

The spectral response is defined as:

$$SR(\lambda) = \frac{J_{Ph}(\lambda)}{qF(\lambda)[1-R(\lambda)]} \tag{6}$$

Where $F(\lambda)$ is the number of incident photon /cm^2/s per bandwidth, and $R(\lambda)$ the fraction of these photons reflected from the surface. The analysis is carried out under one AM1.5 global normal sun conditions. Empirical expression approximating photon flux density $F(\lambda)$ is adopted from Ref. [10].

Figure 4 shows the spectral response of $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cell with 20 wells for different well widths respectively 50, 100 and 200 Å. From this figure we can see that for greater wavelengths (λ>0.6 µm) the spectral response improvement is significant, particularly for wider wells. This is attributed to the absorption of photons with longer wavelengths. In this region of the spectre the SR has a stair-like shape this is because of the wells absorption coefficient, as discussed above. Whereas for wavelengths between 0.2µm and 0.6 µm there is a slight improvement as the wells width is increased. The limitation of the wells number is due to restriction of the intrinsic layer thickness, which is limited to 1 µm in this work.

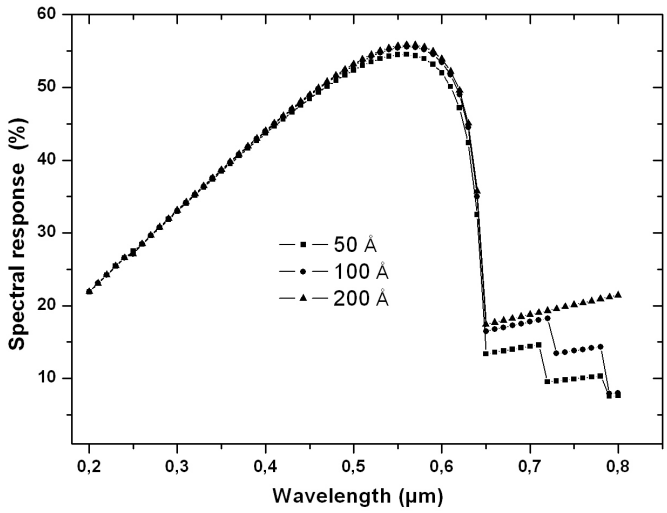


Fig. 4. Internal spectral response (SR(λ)) of $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cell with 20 wells for different thicknesses.

The effect of the number of wells (10 to 30 wells) on the spectral response of $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cell is shown in figure 5, the wells are 100 Å wide. The improvement of the SR is remarkable, particularly for longer wavelengths (λ>0.6 µm). This could be explained by the absorption of an increased numbers of photons with longer wavelengths. The increase of the wells number has the tendency of widening the part of semiconductor (GaAs) having smaller energy band gap (1.424 eV), thus more 'longer wavelengths' photons are absorbed. This situation is very similar to the case of double junction tandem solar cell with $E_{g1} = E_{g,\ AlGaAs}$ and $E_{g2} = E_{g,\ GaAs}$.

We can deduce from the dependency of the internal spectral response on the width and the number of wells in the intrinsic layer of an $Al_xGa_{1-x}As$/GaAs MQW/ $Al_xGa_{1-x}As$ solar cell that the best cell should have as many as possible wider wells. Unfortunately, there are many technological and physical factors that act against this, therefore a compromise is needed. The main limit is the size of the intrinsic layer which could not be much thicker, to maintain the uniform electric field and ensure an even absorption. On the other hand, increasing the number of wells will augment the number of interfaces leading to a growing recombination.

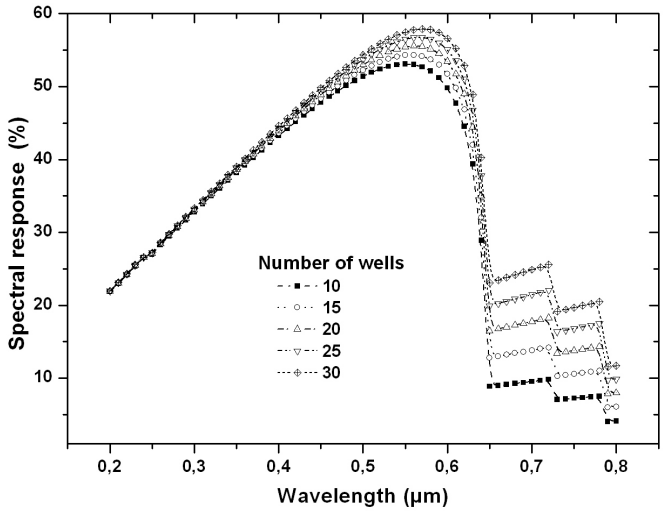


Fig. 5. Internal spectral response (SR(λ)) of $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cell with 100 Å wide wells for different well numbers.

4. Photocurrent density

Figure 6 shows the total photocurrent of $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cell versus the wells thickness for different number of wells. From this graph we can see that the photocurrent generally increases when the numbers of wells is increased, while it has the tendency to saturate if the well thickness is increased. Therefore, the only limit to improve the performance is the maximum number of wells that the intrinsic layer could host. From the conducted investigation we arrived to an optimal configuration of the $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cell, that is; 20 wells of 100 Å in 1µm thick intrinsic layer. The photocurrent of this optimised structure is 29.2 mA/cm^2 compared to 20.5 mA/cm^2 of a single $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ *p-i-n* cell, which represents a gain of more than 40%. To make this type of cells more competitive other aspects has to be analysed i.e., it is needed to reduce its dark current in order to minimise the reduction of the open circuit voltage therefore improving the energy conversion efficiency.

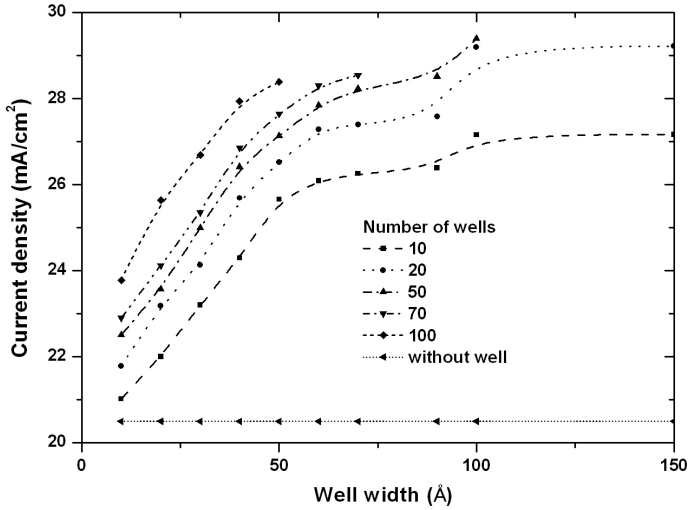


Fig. 6. Total photocurrent of $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cell plotted as function of the wells thickness for different number of wells.

5. Conclusion

There is no doubt that the insertion of quantum wells in a *pin* structure solar cell will improve its short circuit current. In the conducted study we showed that the width in addition to the number of wells has a remarkable effect on the photocurrent of $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$/GaAs MQW/ $Al_{0.4}Ga_{0.6}As$ solar cells. Using a simple approach with the previously revised model of Rimada applied to an idealised quantum well, we were able to demonstrate that the photocurrent of a quantum well solar cell will augment with increasing either the width or the number of wells in the intrinsic region. This improvement could be achieved provided that thickness of the intrinsic layer is not over taken. In addition, the thickness of the *i*-layer should not be too thick to avoid the perturbation of the electric field, which is essential for photogenerated carriers' collection. Alternatively, the insertion of a large number of quantum wells (lower band gap) in the *i*-layer is expected to reduce the open circuit voltage, thus it is important to deal with these opposing effects. A complementary work is under way to examine the effect of quantum wells parameters (depth, width and number) on the dark current, open circuit voltage and the energy conversion efficiency.

Acknowledgements

This work has been supported by the program CMEP – PHC Tassili 2011 (11MDU 832) and the project CNEPRU D03820100004 of the Ministry of Higher Education and Scientific Research, Algeria.

References

[1] K.W.J. Barnham and G. Duggan, A new approach to high-efficiency multi-band-gap solar cells, J. Appl. Phys. **67** (1990) 3490.

[2] J.C. Rimada, L. Hernandez, J.P. Connolly, K.W.J. Barnham, Conversion efficiency enhancement of AlGaAs quantum well solar cells, Microelectronics Journal **38** (2007) 513.

[3] X.B. Xiang, W.H. Du, X.L. Chang, H.R. Yuan, The study on high efficient $Al_xGa_{1-x}As$/GaAs solar cell, Solar Energy Materials & Solar Cells **68** (2001) 97.

[4] A. Belghachi and A. Helmaoui, Analysis of photocurrent in the i-layer of GaAs-based *n–i–p* solar cell, Solar Energy Materials & Solar Cells **90** (2006) 1721.

[5] G. Bastard and J. A. Brum, Electronic states in semiconductor heterostructures, IEEE Journal of Quantum Electronics, **QE-22**, No. 9 (1986) 1625.

[6] G. Lengyel, K. w. Jelley, and R. H. Engelmann, A Semi-Empirical Model for Electroabsorption in GaAs/AlGaAs Multiple Quantum Well Modulator Structures, IEEE Journal of Quantum Electronics, **26**, No 2, (1990) 296.

[7] S.J. Lade, A. Zahedi, A revised ideal model for AlGaAs/GaAs quantum well solar cells, Microelectronics Journal **35** (2004) 401.

[8] F. K. Rault, A. Zahedi, Computational analysis of the refractive index of multiple quantum wells for QWSC applications, Microelectronics Journal **34** (2003) 149.

[9] S.M. Sze, Physics of Semiconductor Devices, second ed., Wiley, New York, 1981.

[10] J.J. Liou (Ed.), Advanced Semiconductor Device Physics and Modeling, Artech House, Norwood, MA,1994.

Revisión del estado del arte en la reconfiguración de redes de distribución para la minimización de pérdidas

Francisco Llorens Iborra[1], Esther Romero Ramos[2] and Jesús Riquelme Santos[2]
[1] Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Cádiz, Escuela Politécnica Superior de Algeciras, España, francisco.llorens@uca.es
[2] Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, España

Abstract. A survey of publications in the area of distribution system reconfiguration for loss reduction is presented. The reconfiguration problem is one of the most classical optimization problems in both planning and operation of distribution systems. One key factor when practically implementing those optimization problems refers to the fact that, while distribution networks are structurally meshed, they are radially operated. Optimization problems are aimed at finding the best radial configuration, among a huge number of combinations, for which efficient procedures to check or enforce radiality are needed. Techniques of reconfiguration, ranging from the fundamental work of Merlin and Bach to the current state of the art, are outlined.

Keywords: Distribution networks, loss minimization, network reconfiguration.

1. Introducción.

La planificación y operación de las redes de distribución implican una larga lista de problemas de optimización, como son la expansión con el mínimo coste o la reconfiguración teniendo presente una función objetivo, como puede ser equilibrar la carga entre las diferentes subestaciones, la reducción de pérdidas o el restablecimiento de la energía con el número mínimo de operaciones. Por reconfiguración se entiende la apertura o cierre de los interruptores de línea, que minimiza o maximiza según el caso la función objetivo impuesta. El problema de reconfiguración donde se minimiza la potencia activa perdida en las líneas es el más popular y extendido, y es donde se centra el contenido de esta comunicación. Hasta hace pocos años, este problema ha estado confinado a la fase de planificación, pero la aparición de las redes inteligentes permite considerar este problema en la operación de los sistemas de distribución.

Una característica fundamental de las redes de distribución de media tensión es que tienen una configuración mallada que permite alimentar a cada nudo de consumo desde dos circuitos diferentes, pero su explotación es radial por motivos de protección de las líneas. Estas redes suelen estar conectadas a una o varias subestaciones de alimentación que fijan la tensión en el punto de conexión y aportan la energía demandada. El objetivo del problema de optimización es encontrar la mejor red radial que minimiza la función objetivo entre un enorme número de combinaciones posibles.

En la sección 2 se presenta la formulación matemática del problema, así como su enorme naturaleza combinatoria. En la sección 3 se realiza una revisión del estado del arte en función de los métodos empleados para resolver el problema. A continuación se analiza en la sección 4 los métodos más

apropiados para abordar el problema en función del tamaño de la red. Finalmente en las conclusiones se exponen las principales aportaciones de la presente comunicación.

2. Presentación del problema.

El problema de la reconfiguración desde un punto de vista general es similar a un cálculo óptimo de flujo de potencia (OPF), pero con la diferencia de que presenta una carga computacional considerablemente mayor debido a la inclusión de variables adicionales para tener en cuenta el estado de los interruptores y las restricciones de radialidad de la red. La formulación matemática del problema de reconfiguración para la minimización de pérdidas se ha representado en la literatura de diferentes formas; a continuación se expresa según Sarfi et al. en su estado del arte publicado en [1].

Minimizar
$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} C_{ij}\cdot L_{ij} \tag{1}$$

Sujeto a:
$$\sum_{i=1}^{n} S_{ij} = D_j \tag{2}$$
$$S_{ij} \le S_{ij}^{\max} \tag{3}$$
$$\Delta V_j \le \Delta V_{\max} \tag{4}$$
$$\prod_{\forall f_t} \lambda_{ft} = 1 \tag{5}$$

Donde L_{ij} representa las pérdidas de la línea que conecta los nudos i y j, C_{ij} el coeficiente que pondera las pérdidas de la línea *ij*, Sij el flujo de potencia, *Dj* la demanda de potencia del nudo j, ΔV_j la caída de tensión desde la subestación hasta el nudo j, ΔV_{max} la caída de tensión máxima permitida en la red, f_t el conjunto de líneas alimentadas por el transformador t y λ_{ft} valor binario que indica si el conjunto f_t está o no abierto.

En la formulación del problema de reconfiguración, la función objetivo (1) representa las pérdidas totales del sistema de distribución. La ecuación (2) asegura que se satisfaga la primera ley de Kirchhoff en los nudos. Las restricciones (3) y (4) cumplen con la máxima capacidad de las líneas y la máxima caída de tensión permitida. Por último, mediante la ecuación (5) se asegura la condición de radialidad de la red.

El problema de la reconfiguración es claramente un problema de programación no lineal entero mixto. Éste presenta una carga computacional considerable incluso para un sistema de distribución de proporciones moderadas, produciéndose una verdadera explosión combinatoria de redes radiales a medida que aumenta el tamaño de la red.

Sin embargo, la principal dificultad para resolver el problema es su enorme naturaleza combinatoria. Con objeto de cuantificar este número, en la tabla 1 se muestran tres redes, indicando el número de nudos y ramas. En la tercera columna se recoge el número de combinaciones posibles según el estado de los interruptores, donde se ha considerado el caso más desfavorable, asignando un interruptor a cada una de sus ramas. De todas estas posibles combinaciones, no todas ellas forman una red radial, por tanto, en la última columna y empleando el teorema matriz-árbol de Kirchhoff se indican todas las posibles redes radiales de cada uno de los sistemas. Puede observarse que el número de redes radiales factibles es mucho menor que el número de combinaciones del estado de los interruptores, pero aún así el número es muy elevado incluso para redes de tamaño moderado.

Nº nudos de la red (Nn)	Nº ramas de la red (Nr)	Número de combinaciones posibles según el estado de los interruptores (2^{Nr})	Número de redes radiales posibles (Teorema matriz-árbol de Kirchhoff)
33	37	1.374 E+11	50 751
205	224	2.696 E+67	1.950 E+022
1 043	1 181	3.284 E+355	2.346 E+141

Tabla 1. Número de posibles redes radiales en función del tamaño de la red

En el trabajo de Morton y Mareels [2] se presenta un algoritmo de fuerza bruta, en el que se analizan todas las redes radiales posibles. El ejemplo lo realiza con la red de 33 nudos, cuyo número total de redes radiales diferentes es de 50 751. La técnica presentada puede ser atractiva para redes de tamaño pequeño, pero si observamos el número de redes posibles para redes de mayor tamaño indicado en la tabla 1, el proceso presentado es inviable.

3. Estado del arte.

Merlin y Back en 1975 [3] plantearon por primera vez la utilización de los interruptores de las líneas para reconfigurar el sistema de distribución, con el objetivo de minimizar las pérdidas en las líneas para unas condiciones específicas de carga. Desde entonces se han propuesto numerosos métodos para resolver el problema planteado. Es en 1994 donde [1] revisa el estado del arte sobre este tema y propone una clasificación en función de los métodos empleados en resolver el problema: aquellos basados en una mezcla de métodos de optimización y heurísticos, aquellos que solo utilizan la heurística y finalmente los basados en la inteligencia artificial.

A continuación se hará un repaso de los métodos de resolución más relevantes, siguiendo la misma clasificación propuesta en [1]. Dada la gran cantidad y variedad existente, sólo se indicarán los principios en los que se basan y se citarán aquellos artículos que iniciaron las diferentes metodologías así como las publicaciones recientes más relevantes.

3.1. Mezcla de técnicas heurísticas y técnicas de optimización.

El empleo de la heurística junto con las técnicas de optimización estaba justificado por la necesidad de reducir la enorme magnitud del problema. Merlin y Back [3] modelaron el sistema de distribución mediante una estructura de árbol, asignando variables binarias al estado de los interruptores. Con objeto de simplificar el problema despreciaron las restricciones eléctricas y el ángulo de las tensiones, y solo tuvieron en cuenta la parte real de la corriente para el cálculo de las pérdidas. Como era habitual de trabajos anteriores en el análisis de los sistemas de distribución, aplicaron flujos de potencia en continua para establecer el comportamiento del sistema. El algoritmo consiste en un proceso iterativo, en el que se resuelve un flujo de potencia óptimo (OPF), obteniendo los flujos de potencia por las líneas que hacen que las pérdidas en la red sean mínimas. Una vez realizado el OPF, se utiliza como heurística la apertura de la rama por la que circula el mínimo flujo de potencia. Este proceso continúa hasta que se obtiene una red radial. Posteriormente el algoritmo fue modificado en [4], comprobando en cada etapa si la nueva configuración cumple las restricciones eléctricas de tensión y corriente, seleccionando en caso de incumplimiento el siguiente interruptor con menor corriente. Introduce una nueva mejora al utilizar un flujo de carga en corriente alterna en lugar de uno en corriente continua.

Otros trabajos recientes entre los que podemos destacar [5–8] han abordado el problema de diferente forma obteniendo resultados satisfactorios. Finalmente resaltar los trabajos [9] y [10] que proponen técnicas puramente de optimización, sin utilizar ninguna heurística.

3.2. Técnicas puramente heurísticas.

La enorme naturaleza combinatoria del problema ha motivado a los investigadores a dirigirse hacia técnicas puramente heurísticas. Los métodos se han caracterizado por el desarrollo de fórmulas empíricas que valoran la reducción de pérdidas cuando hay una operación de intercambio de interruptores y la propuesta de reglas que reducen el número de interruptores candidatos en las operaciones de intercambio. Estas reglas se han basado en la seguridad de que reduciendo la carga de los equipos y alimentadores provoca una reducción de las pérdidas. Este tipo de metodologías tienen en común que son fáciles de implementar y tienen una elevada eficiencia de búsqueda al reducir los tiempos de procesamiento, pero en general no convergen a la solución óptima global en los sistemas de distribución de gran dimensión.

El origen de esta clasificación se remonta a la publicación de Civanlar et al. [11], mejorado posteriormente en [12] y [13]. La idea base consiste en un cambio heurístico de interruptor partiendo de una red radial inicial. Los interruptores candidatos para realizar la operación de intercambio son aquellos normalmente abiertos cuyos nudos extremos tienen una diferencia de tensión apreciable, proponiéndose el traspaso de las cargas de un alimentador a otro. La elección final del interruptor en cada etapa se realiza con la ayuda de una fórmula aproximada que evalúa la variación de las pérdidas cuando se ejecuta el cambio de interruptor. Tomando como referencia estas ideas pueden destacarse las publicaciones recientes [14–16].

3.3. Métodos basados en la inteligencia artificial.

En el grupo perteneciente a la inteligencia artificial pueden encontrarse un gran número de familias, como son: algoritmos evolutivos, redes neuronales artificiales, recocido simulado, búsqueda tabu, colonia de hormigas, etc. Estos métodos de resolución requieren una gran cantidad de tiempo para su ejecución, sin embargo estas técnicas se adaptan muy bien a problemas de optimización donde su elevada naturaleza combinatoria los convierte en problemas de gran dimensión.

Los algoritmos evolutivos están basados en los mecanismos de la genética y la selección natural. La codificación discreta de las cadenas representa la genética, y permite adaptar con gran facilidad el estado binario de los interruptores. Una característica interesante de esta metodología es que parte de una población grande de individuos, representando cada uno de ellos una configuración radial diferente, y no de uno solo como en las técnicas anteriores. Se seleccionan individuos para someterlos a operaciones de cruce y mutación, obteniendo nuevos individuos hijo. Posteriormente se seleccionan sólo los mejores individuos, que son aquellos que menor valor provocan en la función objetivo. Las nuevas investigaciones en este grupo se focalizan en la presentación de nuevas codificaciones del individuo y operadores que sean rápidos y que obtengan nuevos individuos con una configuración ya radial. En este grupo pueden citarse las publicaciones recientes [17-20].

Las redes neuronales presentan una excelente característica para el problema de la reconfiguración, y es que ofrece reducidos tiempos de solución para redes de gran dimensión, sin embargo requieren un tiempo elevado para su entrenamiento, el cual debe ser específico para cada red y se debe actualizar para cualquier cambio que se produzca en las características del sistema. Hay que resaltar que la exactitud de la solución depende de la exactitud de los datos proporcionados durante el entrenamiento. Citar el reciente trabajo [21] que mejora la estructura de la red neuronal artificial usando técnicas de agrupamiento, reduciendo de esta manera el número de datos de entrada para su entrenamiento.

Normalmente en las técnicas de optimización se parte de una configuración inicial y mediante perturbaciones se aceptan las nuevas configuraciones que mejoran la función objetivo. En la técnica

del recocido simulado se permiten algunos movimientos hacia soluciones peores, con el objeto de evitar que el sistema caiga en mínimos locales. Pero si la búsqueda está realmente yendo hacia una buena solución, estos movimientos "de escape" deben realizarse de un modo controlado mediante una función de probabilidad, que hará disminuir la probabilidad de esos movimientos hacia soluciones peores conforme avanza la búsqueda, y por tanto estamos previsiblemente más cerca del óptimo global. Esta estrategia aplicada con éxito por [22] necesita del valor de varios parámetros, los cuales tienen una gran influencia en la calidad de las soluciones generadas.

La búsqueda tabú es otro método para resolver problemas de optimización combinatoria, aplicado a la reconfiguración en [23]. La idea básica es continuar con una búsqueda cuando se llega a un mínimo local, permitiendo movimientos que no mejoran la solución. Para evitar regresar a soluciones pasadas y entrar en ciclos, usa una memoria temporal, llamada "lista tabú", que guarda la historia reciente de la búsqueda. Finalmente la técnica "colonia de hormigas" está basada en el comportamiento colaborativo de éstas para encontrar buenas rutas desde el nido a los centros de comida. El trabajo [24] aplica esta estrategia a la reconfiguración, aumentando en cada iteración la probabilidad de los interruptores abiertos para que se mantengan abiertos en iteraciones posteriores, y disminuyendo la probabilidad de aquellos otros interruptores que se encuentran cerrados.

4. Elección del método apropiado.

Después de revisar el estado del arte sobre las técnicas utilizadas para resolver el problema de la reconfiguración de redes para conseguir la minimización de pérdidas, es necesario realizar un análisis comparativo en el que se destacan tres características relevantes mostradas en la tabla 2. La primera es el coste computacional necesario que influye de manera directa sobre el tiempo de ejecución, lo que permite decidir si el método puede ser aplicado en la planificación o en la operación en tiempo real. La segunda característica nos informa sobre la probabilidad de encontrar el mínimo global, evitando de esta manera la convergencia hacia mínimos locales. Finalmente se indica hasta qué tamaño de red es adecuado el método, realizando la siguiente clasificación: redes de tamaño pequeño hasta 50 interruptores, un segundo bloque hasta 200 de tamaño medio, hasta 1000 interruptores las de tamaño grande y finalmente el tamaño muy grande cuando se superan estos valores.

Método	Coste computacional	Probabilidad alcanzar óptimo global	Tamaño de red
Optimización	Elevado	Elevada	Pequeño
Optimización y heurística	Elevado/Medio	Elevada	Medio/Grande
Heurística	Pequeño	Media	Medio
Inteligencia artificial	Elevado	Media	Medio
Algoritmos evolutivos	Elevado	Media	Muy grande

Tabla 2. Resultados obtenidos en función del método empleado

De la tabla 2 hay que destacar que en los métodos que mezclan técnicas de optimización con la heurística, es posible resolver redes de tamaño grande con coste computacional medio si la técnica heurística empleada es eficiente. Sobre los algoritmos evolutivos, resaltar que se han separado del bloque correspondiente a la inteligencia artificial porque hasta la fecha son los únicos que han abordado redes de tamaño muy grande.

5. Conclusiones.

El número y variedad de técnicas utilizadas para resolver el problema de la reconfiguración de redes ha sido enorme como se ha expuesto en la sección 3. Dependiendo de la finalidad buscada, en cuanto al tamaño de la red, la necesidad de alcanzar el óptimo o la rapidez requerida para su implementación en tiempo real o en planificación, puede seleccionarse el método más apropiado. Resaltar que para redes de tamaño pequeño o medio todas las técnicas proporcionan muy buenos resultados, pero para las redes de gran dimensión sólo son factibles algunas técnicas. Dado el estado del arte, los trabajos deberían centrarse en la búsqueda de funciones multiobjetivo con los pesos adecuados para satisfacer las necesidades específicas de cada red.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología bajo el proyecto ENE2007-63306 y 66072, y por la Junta de Andalucía bajo el proyecto P09-TEP-5170.

Referencias.

[1] R.J. Sarfi, M.M.A. Salama and A.Y. Chikhani, "A survey of the state of the art in distribution system reconfiguration for system loss reduction", 26 Electrical Power and Energy Systems, Vol. 31, No. 1, pp. 61-70, July 1994.

[2] Anthony B. Morton and Iven M. Y. Mareels, "An Efficient Brute-Force Solution to the Natwork Reconfiguration Problem", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 15, No. 3, pp. 996-1000, July 2000.

[3] A. Merlin and H. Back, "Search for a Minimal-Loss Operating Spanning Tree Configuration in an Urban Power Distribution System ", Proc. 5th Power System Computation Conference (PSCC), Cambridge, United Kingdom, pp. 1-18, September 1975.

[4] D. Shirmohammadi and H.W. Hong, "Reconfiguration of electric distribution networks for resistive line loss reduction", IEEE Transactions on Power Delivery, 4 (1989) 1492-1498.

[5] E. Romero Ramos, A. Gómez Expósito, J. Riquelme Santos and F. Llorens Iborra, "Path-Based Distribution Network Modeling: Application to Reconfiguration for Loss Reduction", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20, No. 2, pp. 556-564, May 2005.

[6] H.P. Schmidt, N. Ida, N. Kagan and C.J. Guaraldo, "Fast Reconfiguration of Distribution Systems Considering Loss Minimization", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20, No. 3, pp. 1311-1319 August 2005.

[7] F.V. Gomes, S. Carneiro, J.L.R. Pereira, M.P. Vinagre, P.A.N. Garcia and L.R. De Araujo, "A New Distribution System Reconfiguration Approach Using Optimum Power Flow and Sensitivity Analysis for Loss Reduction" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 21, No. 4, pp. 1616-1623 November 2006.

[8] G. K. Viswanadha Raju, and P. R. Bijwe, "An Efficient Algorithm for Minimum Loss Reconfiguration of Distribution System Based on Sensitivity and Heuristics",IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 23, No. 3, pp. 1280-1287, August 2008.

[9] H.M. Khodr and J. Martnez-Crespo, "Integral methodology for distribution systems reconfiguration based on optimal power flow using Benders decomposition technique", IET Generation, Transmission and Distribution, Vol. 3, Iss. 6, pp. 521-534, June 2009.

[10] E. Romero-Ramos, J. Riquelme-Santos and J. Reyes. "A simpler and exact mathematical model for the computation of the minimal power losses tree". Electric Power Systems Research, vol 80, pp. 562-571, May 2010.
[11] S. Civanlar, J.J. Grainger, H. Yin and S.S.H. Lee, "Distribution feeder reconfiguration for loss reduction", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 3. No. 3, pp. 1217-1223, July 1988.
[12] S.K. Goswami and S.K. Basu, "A new algorithm fot the reconfiguration of distribution feeders for loss minimization", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7. No. 3, pp. 1482-1491, July 1992.
[13] M.E. Baran and F.F. Wu, "Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 4, No. 2, pp. 1401-1407, April 1989.
[14] Flávio Vanderson Gomes, Sandoval Carneiro, Jr., Jose Luiz R. Pereira, Marcio Pinho Vinagre, Paulo Augusto Nepomuceno Garcia and Leandro Ramos Araujo, "A New Heuristic Reconfiguration Algorithm for Large Distribution Systems", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20. No. 3, pp.1373-1378, August 2005.
[15] Juan Andrés Martín and Antonio José Gil, "A new heuristic approach for distribution systems loss reduction", Electric Power Systems Research, Volume 78, Issue 11, pp. 1953-1958, February 2008.
[16] Jizhong Zhu, Xiaofu Xiong, Jun Zhang, Guanquan Shen, Qiuping Xu and Yi Xuec, "A rule based comprehensive approach for reconfiguration of electrical distribution network", Electric Power Systems Research, Volume 79, Issue 2, pp. 311-315, February 2009.
[17] A.C.B. Delbem, A.C.Pd.L.F. de Carvalho, N.G. Bretas, "Main chain representation for evolutionary algorithms applied to distribution system reconfiguration", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20, No. 1, pp.425-436, February 2005.
[18] J. Mendoza, R. Lopez, D. Morales, E. Lopez, P. Dessante and R. Moraga, "Minimal loss reconfiguration using genetic algorithms with restricted population and addressed operators: real application", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 21, No. 2, pp.948-954, May 2006.
[19] Juan Carlos Cebrian, Nelson Kagan, "Reconfiguration of distribution networks to minimize loss and disruption costs using genetic algorithms", Electric Power Systems Research, Volume 80, Issue 1, pp. 53-62, January 2010.
[20] A.C. Santos, A.C.B. Delbem, J.B.A. London, J.R. and N.G. Bretas. "Node-Depth Encoding and Multiobjective Evolutionary Algorithm Applied to Large-Scale Distribution System Reconfiguration". IEEE Transactions on Power Systems, DOI: 10.1109/TPWRS.2010.2041475, 2010.
[21] S. H. Salazar, R. Gallego and R. Romero, "Artificial neural networks and clustering techniques applied in the reconfiguration of distribution systems", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 21, No. 3, pp. 1735-1742, July 2006.
[22] Young-Jae Jeon, Jae-Chul Kim, Jin-O Kim, Joong-Rin Shin and Kwang Y. Lee. "An Efficient Simulated Annealing Algorithm for Network Reconfiguration in Large-Scale Distribution Systems". IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 17, No. 4, pp. 1070-1077, October 2002.
[23] Dong Zhang, Zhengcai Fu and Liuchun Zhang, "An improved TS algorithm for loss-minimum reconfiguration in large-scale distribution systems", Electric Power Systems Research, Vol. 77, Iss. 5-6, pp. 685-694, August 2007.
[24] Enrico Carpaneto and Gianfranco Chicco, "Distribution system minimum loss reconfiguration in the Hyper-Cube Ant Colony Optimization framework". Electric Power Systems Research, vol. 78, No 12, pp. 2037–2045, December 2008.

Comparacion del proceso de obtencion de metano en un sistema monofase y un sistema de fases separadas

S. Zahedi[1*]; L.I. Romero[2]; D. Sales[1]; R. Solera[1]

[1]Departamento de Tecnologías del Medio Amiente. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales (CASEM). Universidad de Cádiz. Pol, Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España
[1]Departamento de Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos. Facultad de ciencias. Universidad de Cádiz. Pol, Río San Pedro s/n, 11510 Puerto Real (Cádiz), España
[*]soraya.zahedi@uca.es

Abstract. The objective of the present study is to compare the process biomethanization in two types of reactors, a single-stage reactor system (single phase) and a methanogenic reactor, both in thermophilic (55ºC). Both reactors have a volume of 5 liters and operating a HRT of 15 days. The single stage reactor is fed directly to a mixture of water and municipal solid wastes (MSW), the solid content in feed is 20%, while the methanogenic reactor, is fed from settled effluent from acidogenic reactor of 5 liter capacity operated at a HRT of 6.6 days. The acidogenic reactor like the single stage reactor is fed from a homogeneous mixture of MSW and water with a solids content of 20%. The comparison of both processes shows that both the biogas and the effluent from the single-stage reactor had a higher temporal instability due to the variability of the MSW during the year. The highest average values of biogas productivity observed in the single stage lead (12.5 liters / day). On the other hand the largest reductions in the dissolved organic carbon (COD) and volatile fatty acids (VFA) were obtained in the methanogenic reactor with values of 87.4% and 99.4%.

Keywords: single-stage, MSW, two phase system

1. Introducción.

La producción de residuos sólidos urbanos (RSU) es continua y cada vez mayor. A escala mundial, la cantidad de RSU generados en 2006 fue de 2020 millones de toneladas (Key, 2007) y se prevé que la producción aumentará en un 51% entre 2005 y 2025. Por otro lado las emisiones de gases de vertedero son una de las principales fuentes antropogénicas de metano en la atmosfera (Adhikari et al., 2006), por lo tanto es necesario aplicar mejores prácticas de gestión para evitar o disminuir estas emisiones (García et al., 1996). La digestión anaerobia de los residuos sólidos urbanos (R.S.U) es un tratamiento mediante el cual el metano, que de otro modo se libera al medio ambiente, se puede recuperar como fuente de energía (Charles et all., 2009) y además este tratamiento permite una reducción del volumen de RSU generados.

La producción de metano se lleva a cabo por un grupo altamente especializado de organismos: las bacterias metanogénicas que son anaerobias estrictas. Estos microorganismos utilizan el CO2 como aceptor terminal de electrones en la respiración anaerobia convirtiéndolo en CH4, el donador de electrones utilizado generalmente en este proceso es el hidrógeno.

El proceso anaerobio puede realizarse en una sola etapa (Montero et al., 2008) o en varias etapas (Ueno et al., 2007). en los procesos monoetapa coexisten en un mismo reactor todos los microorganismos necesarios para el desarrollo global del proceso, en tanto que, en los procesos de fases separadas, la degradación se realiza en varios reactores conectados en serie seleccionando en cada uno de ellos un conjunto de microorganismos que desarrollan una fase de la degradación completa. (Solera., 1999).
En este estudio se compara el proceso monofase, con un reactor monoetapa, con un reactor metanogénico de un sistema de fases separadas.

2. Desarrollo del problema.

2.1 Objetivo

El objetivo de este estudio es comparar el proceso de biometanizacion en dos tipos de reactores, un reactor monoetapa (sistema monofase) y un reactor metanogénico. Ambos reactores tienen un volumen útil de 5 litros y operan a un THR de 15 días.

2.2 Alimentación

El reactor monoetapa es alimentado directamente con una mezcla de agua y FORSU, el contenido en sólidos de la alimentación es de un 20%, mientras que el reactor metanogénico, es alimentado a partir del efluente decantado de un reactor acidogénico de 5 litros de capacidad que opera a un THR de 6,6 dias. El reactor acidogénico al igual que el reactor monoetapa es alimentado a partir de una mezcla homogénea de FORSU y agua con un contenido en sólidos del 20%. Los residuos sólidos urbanos empleados en este trabajo fueron obtenidos de la planta de recuperación y compostaje “las Calandrias” del municipio de Jerez de la Frontera.

2.4 Resultados y Discusión

Los resultados de producción media diaria de biogás de cada uno de los reactores se muestran a continuación (Tabla 1).

	Monoetapa	**Acidogénico**	**Metanogénico**
Producción (l)	12.45±5.1	2.4±1.3	7.69±2.7
% H2	0	28.6±5.6	0
% CH4	60.36±8	0	63.86±3
% CO2	39.64±8	71.3±5.3	36.14±3

Tabla 1. Producción de biogás

Los mayores valores de producción media diaria de metano se observan en el reactor monoetapa, la alta desviación de este parámetro se debe a la variabilidad temporal que presenta la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). El reactor metanogénico aunque presenta una menor producción diaria de biogás presenta unos valores mucho más constantes, esto es debido a que su

alimentación proviene de un reactor acidogénico, cuyo efluente es mucho más constante en sus parámetros físico químico (Tabla 2)

	Monoetapa		**Acidogénico**		**Metanogénico**	
Parámetros	**Alimentación**	**Efluente**	**Alimentación**	**Efluente**	**Alimentación**	**Efluente**
pH	5.59±0.3	7.59±0.19	5.59±0.3	5.55±0.42	5.55±0.42	7.9±0.2
DQO (mg O2/l)	23199±6950	9394±3687	23199±6950	37694±9529	37694±9529	4755±770
AGV (mg Acético/l)	1989±840	208±64	1989±840	12339±2509	12339±2509	77±20

Tabla 2. Parámetros físico-químicos

Tanto en el reactor monoetapa, como en el reactor metanogénico se observa un aumento del pH, debido al consumo de AGV del sistema, este aumento es ligeramente superior en el reactor metanogénico. También se observa una disminución de la demanda química de oxígeno (DQO) y de los ácidos grasos volátiles (AGV), las mayores reducciones de DQO y de AGV (Tabla 3) se obtuvieron en el reactor metanogénico con unos valores de 87% y 99 % respectivamente. Por otro lado en el reactor acidogénico se observa un aumento tanto de AGV como de DQO, esto se debe a la acción de los microorganismos en las primeras etapas de la degradación anaerobia que da lugar a una solubilización de la materia orgánica.

Parámetros	Monoetapa	Metanogénico
Porcentaje de eliminación de DQO (%)	59	87
Porcentaje de eliminación de AGV (%)	89	99

Tabla 3. Reducción de DQO/AGV

3. Conclusiones.

El reactor metanogénico es mucho más estable en cuanto a producción y productividad de metano que el reactor monoetapa.

El reactor metanogénico consigue una mayor depuración tanto en DQO como en AGV que el reactor monoetapa.

La producción y la productividad de metano, al menos a un THR de 15 días es superior en un sistema monoetapa que en sistema de fases separadas.

Agradecimientos.

Los autores desean expresar su agradecimiento al Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y los Fondos Estructurales para el Desarrollo Regional (FEDER) por financiar el proyecto CTM2007-62164, al Ministerio de Educación por la concesión de la beca FPU 01213 AP2008 y a la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía por la financiación del proyecto de Excelencia P07-TEP-2472.

Referencias.

[1] R. Solera," Cuantificación de los microorganismos responsables de la degradación anaerobia. Aplicación al análisis del funcionamiento d reactores anaerobios", Tesis Doctoral, Cádiz (1999).

[2] Key Note, 2007. Global Waste Management Market Assessment. Key Note Publications Ltd.

[3] H. García 1, J.L. Rico 2 and P.A García 3. "Comparison of anaerobic treatment of leachates from an Urban-Solid-Waste landfill at ambient temperature and at 35ºC", Bioresource Technology 58, 1996 (273-277)

[4] W. Charles 1, L. Walker 2 and R. Cord-Ruwisch 3. "Effect of pre-aeration and inoculum on the start-up of batch thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste", Bioresource Technology 100, 2009 (2329–2335)

[5] B.K Adhikari 1, S. Barrington 2, J. Martínez 3. "Predicted growth of world urban food waste and methane production", Waste Management Research 24, 2006 (421–433).

[6] Yoshiyuki Ueno 1, Hisatomo Fukui 2 and Masafumi Goto 3. "Operation of a Two-Stage Fermentation Process Producing Hydrogen and Methane from Organic Waste", Environmental Science and Technology 41, 2007 (1413-1419)

[7] B. Montero 1, J.L. Garcia-Morales 2, D. Sales 3 and R. Solera 4. "Evolution of microorganisms in thermophilic-dry anaerobic digestion", Bioresource Technology 99, 2008 (3233–3243)

Taxation of renewable energies systems in Spain: Where tax benefits doesn't exist... and the interpretation - application of tax law could discourage the implant of this systems

Alfonso SANZ CLAVIJO

Public Law Department (Tax Law), University of Cádiz, Spain
alfonso.sanz@uca.es

Abstract. In 2020, Spain, like other Member States of the European Union, shall reach a specific mandatory national overall target for consumption of energy from renewable sources.

In this regard, Directive 2009/28/EC has disposed that Member States, to reach these objectives, can apply the so-called "support schemes", i. e. any instrument or mechanism addressed to incentive the production and use of energy from renewable sources, like the grant of tax benefits.

Despite this provision, the Spanish tax legal system does not provide effective tax benefits to the production and use of energy from renewable sources, but this is not the problem, in this sense, the specific problem are the administrative authorities, especially the region and local authorities. These authorities apply tax provisions with a strict interpretation addressed, not to encourage the production and use of energy from renewable sources, but to obtain revenue from the undertakings that establish systems to use the energy from renewable sources in its territories.

Keywords: Renewable Energies, Tax Benefits, Corporation Tax, Regional and Local Taxes.

1. La implantación de beneficios fiscales como mecanismo para el incentivo de la producción y el uso de energía proveniente de fuentes renovables.

Con la finalidad de paliar el déficit de fuentes de energía primaria en la Unión Europea -en adelante, UE- y asegurar el abastecimiento, desde mediados de los años noventa, la Comisión Europea -en adelante, la Comisión- viene solicitando a los Estados miembros de la UE determinados esfuerzos en cuanto al fomento de la producción y el uso de la energía proveniente de fuentes renovables -en adelante, EE. RR.-.

Para tal fin, desde los Libros Verde y Blanco de las EE. RR., la Comisión viene insistiendo en que una herramienta útil para alcanzar los objetivos en este ámbito es una política financiero-tributaria adecuada, que, mediante la concesión de beneficios fiscales, incentive la producción y el uso de las EE. RR., especialmente por lo incipiente de la investigación y la implantación de sistemas para el aprovechamiento de estas fuentes de energías.

En la actual normativa europea de referencia, la Directiva 2009/28/CE, de 23 de abril, además de reiterarse que en España las EE. RR. deberán representar en 2020 el 20% de su consumo energético interior bruto -Anexo I-, se insiste en la conveniencia de prever estos beneficios fiscales a las EE. RR.

para alcanzar en tal año los objetivos de cada Estado miembro en cuanto a implantación de las EE. RR. respecto de su consumo energético interior bruto -artículo 2 letra k) de la Directiva 2009/28/CE- …

Pero, ¿qué sucede en España?

2. La crisis económica como circunstancia obstativa de la implantación de tales beneficios y una posible vía de superación.

Lo cierto es que, en la actualidad, como se verá en las líneas que continúan, no existen en España beneficios fiscales efectivos que incentiven la producción y el uso de las EE. RR.

Esta circunstancia, aunque *coincide* en el tiempo con el inicio del periodo de crisis económica que se vive, no responde en realidad a tal situación sino a la falta de interés del legislador tributario por fomentar las EE. RR.

Sin embargo, teniendo en cuenta lo anterior, hoy el mayor problema en cuanto al incentivo de la producción y el uso de las EE. RR. mediante una adecuada política tributaria no lo representa, curiosamente, la falta de beneficios fiscales. No, ese es un factor ya *descontado* por los agentes económicos, cuya queja se centra en que las Comunidades Autónomas -en adelante, CC. AA.- y (especialmente) las Entidades Locales -en adelante, EE. LL.-, por sus dificultades económicas y/o por la insuficiencia de los actuales sistemas de financiación, están interpretando y aplicando sus tributos y otros recursos financieros de una forma excesivamente estricta, más preocupados por obtener ingresos de los proyectos empresariales de implantación de sistemas de aprovechamiento de las EE. RR. que en el fomento de la producción y el uso de las EE. RR.

Pese a lo anterior, a contrario de lo que sucede en [1] aunque en relación con el Canon Eólico gallego, se cree que la existencia de impuestos autonómicos que gravan a las empresas que emiten determinados gases a la atmósfera puede servir, en los términos que se verán, para solucionar parcialmente esta circunstancia de ausencia de beneficios fiscales la producción y el uso de las EE. RR. debida, teóricamente, a la crisis económica.

2.1. La ausencia de beneficios fiscales (efectivos) ya existía con anterioridad a la crisis económica.

Como se ha dicho, y en contraposición a lo que se decía en [2], en la actualidad no existen en España beneficios fiscales efectivos que fomenten la producción y el uso de las EE. RR.

En efecto, a nivel estatal, en el Impuesto sobre Sociedades -en adelante, IS-, existía una deducción sobre la cuota del 10% de las inversiones en instalaciones y equipos para el aprovechamiento de las EE. RR. -artículo 39. 3 del Real Decreto Legislativo 4/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley del Impuesto sobre Sociedades (en adelante, TRLIS)-. Y se dice existía porque ésta, como la mayoría de las deducciones por inversiones empresariales, se fue reduciendo en un 20% para los períodos impositivos iniciados a partir de 1 de enero de 2007 y sucesivos (Disposición Adicional Décima de la Ley del IS), hasta su desaparición para los aquellos iniciados a partir del 1 de enero de 2011 (Disposición Derogatoria Segunda de la Ley del Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas, que, recuérdese, es del año 2006).

Igualmente, a nivel local, el Texto Refundido de la Ley de Haciendas Locales -aprobado mediante Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo (en adelante, TRLHL)-, prevé beneficios fiscales en todos los impuestos municipales -excepto el Impuesto sobre el Incremento de Valor de los Terrenos de

Naturaleza Urbana o plusvalía municipal- tendentes a lograr una implantación de sistemas de aprovechamiento de las EE. RR. Concretamente, en los artículos 74. 5, 88. 2, 95. 6 y 103. 2 del TRLHL se recogen las correspondientes bonificaciones sobre la cuota de los Impuestos sobre Bienes Inmuebles -en adelante, IBI-, sobre Actividades Económicas, sobre Vehículos de Tracción Mecánica y sobre la cuota del Impuesto sobre Instalaciones, Construcciones y Obras -en adelante ICIO-, beneficios fiscales éstos vinculados todas a determinadas actuaciones exponentes de acciones tendentes a un mayor aprovechamiento de las EE. RR.

Pese a lo anterior, no puede decirse que estas bonificaciones en los impuestos municipales representaran o representen beneficios fiscales efectivos, pues el reconocimiento de las mismas es potestativo para las EE. LL., por lo que si habitualmente ya no se concedían, menos aun en épocas de carestía económica como la actual.

De esta forma, atendiendo a lo expuesto, puede afirmarse que la reducción y desaparición en el IS de la deducción por inversiones en sistemas de aprovechamiento de las EE. RR., así como el carácter potestativo de las bonificaciones fiscales contempladas a tales efectos en el TRLHL, son hechos que denotan la reacia actitud del legislador a sacrificar los ingresos tributarios para la consecución de los objetivos que corresponden a España en este ámbito, reacia actitud que no nace con la crisis económica sino que, como se ha visto, estaba ya consagrada en la normativa reguladora del IS y de los impuestos municipales aprobada en 2006 y 2004 respectivamente.

2.2. La insuficiencia de los sistemas de financiación de las Entidades Locales explica el afán de éstas por obtener ingresos tributarios de los proyectos empresariales relativos a EE. RR.

Sin necesidad de demostrar la misma por su notoriedad, los sistemas de financiación de las EE. LL. son insuficientes para afrontar el nivel de gasto de éstas en la actualidad.

Pero además, a esta endémica insuficiencia de los sistemas de financiación ha de unirse la repercusión que sobre los mismos tiene la situación de crisis económica, doble repercusión que se traduce en que:

- De una parte, las EE. LL. ven mermados sus ingresos por impuestos municipales (IBI, ICIO, etc.), en la medida que hay una menor actividad económica, especialmente en el sector inmobiliario - construcción protagonista de estos impuestos.
- De otra parte, en la medida que la recaudación de impuestos estatales también se ha reducido, las EE. LL. cuyo sistema de financiación descanse también en la cesión de estos impuestos (grandes municipios y municipios turísticos) ven igualmente como estos ingresos también se han disminuido.

Ante tal circunstancia, no es de extrañar que las Corporaciones Locales estén centrando sus esfuerzos en explotar al máximo estos recursos financieros decadentes y en obtener otros ingresos hasta ahora atípicos o de menor importancia frente a los impuestos.

En lo que interesa, esta forma de proceder de las EE. LL. se acentúa notablemente en relación con los proyectos de implantación de sistemas de aprovechamiento de las EE. RR., ya que en la tributación de estas iniciativas empresariales son las Administraciones Tributarias municipales las que ostentan un mayor poder:

- Sujeción al ICIO de la ejecución de obra del proyecto.
- Sujeción al IBI de los terrenos sobre los que éstos generalmente se asientan.

- Sujeción a la tasa por aprovechamiento especial del dominio público local por la instalación en el subsuelo de las conducciones.
- Y como peculiaridad jurídico-tributaria de Andalucía, la exigencia de la denominada prestación compensatoria, pues, de acuerdo con la legislación urbanística andaluza, el uso y aprovechamiento de carácter excepcional del suelo no urbanizable -algo normalmente requerido para la instalación de "huertos solares", parques eólicos, etc.- devenga este ingreso público a favor también de las EE. LL. -téngase en cuenta que esta exacción puede alcanzar hasta el 10% de la inversión que a tal fin se realice, excluidos maquinaria y equipos-.

Lógicamente, ante este panorama de insuficiencia de los sistemas de financiación de las EE. LL. y de aseguramiento a éstas de recurso financieros gracias a un (excesivo) gravamen sobre los proyectos empresariales de implantación de sistemas de aprovechamiento de las EE. RR., no puede esperarse las EE. LL. coadyuven, con su posible política tributaria, al fomento de la producción y el uso de las EE. RR.

Al contrario, las EE. LL., por lo que se ha dicho, lejos de conceder beneficios fiscales a estas iniciativas, están interpretando y aplicando sus tributos de una manera estricta, tendente sólo a una mayor recaudación y creando no pocos problemas de seguridad jurídica a la implantación de sistemas de aprovechamiento de las EE. RR. En efecto, más allá de la polémica exacción de la tasa por aprovechamiento especial del dominio público local y de la prestación compensatoria, existen también inconvenientes con la exigencia de los impuestos municipales, especialmente respecto del ICIO. En relación con este impuesto existe una constante y nada pacífica jurisprudencia (i) sobre la inclusión o no en su base imponible del coste de los paneles fotovoltaicos con motivo de la instalación de los "huertos solares" -en la sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Castilla y León de 15 de febrero de 2010 se puede encontrar un compendioso análisis de este problema-, sobre (ii) la necesidad de incluir o no en la base imponible los costes de los "molinos" para los parques eólicos -esta última cuestión ha quedado quizá resuelta por la sentencia del Tribual Supremo de 14 de mayo de 2010-, etc.

Entonces, atendiendo a todo lo anterior, recordando que el poder de tributación sobre los proyectos empresariales de implantación de sistemas de aprovechamiento de las EE. RR. recae esencialmente en unas EE. LL. ávidas de recursos financieros, ¿no existe alguna forma para instar a las EE. LL. a que concedan beneficios fiscales efectivos para el fomento de la producción y el uso de las EE. RR.? Sí.

2.3. La cesión a las Entidades Locales del producto de los impuestos autonómicos sobre emisiones de determinados gases a la atmósfera como incentivo fiscal indirecto a la implantación de sistemas de EE. RR.

Así es, partiendo de la hipótesis de que algunos de los llamados impuestos ecológicos y la implantación de los sistemas de aprovechamiento de las EE. RR. comparten, desde distintas perspectivas, un mismo objetivo: la reducción de emisiones de gases contaminantes -por todos, el CO_2- a la atmósfera, se cree que a través de los primeros puede llegarse a un equilibrio entre la concesión de beneficios fiscales por parte de las EE. LL. para el fomento de la producción y el uso de las EE. RR. y la no repercusión de los mismos sobre los recursos financieros de las EE. LL.

En efecto, siguiéndose el ejemplo de Andalucía, el Parlamento de esta Comunidad Autónoma aprobó mediante Ley 18/2003, de 29 de diciembre, la exacción del Impuesto sobre emisión de gases a la atmósfera (artículo 22 de la Ley 18/2003), este impuesto y los restantes impuestos ecológicos, "*tienen por finalidad la protección del medio ambiente*" (artículo 11 de la Ley 18/2003), hasta el punto que, rompiendo el principio de no afectación, el producto de los mismos se destinará "*a financiar las*

actuaciones de la Administración de la Junta de Andalucía en materia de protección medioambiental y conservación de los recursos naturales" (artículo 13 de la Ley 18/2003).

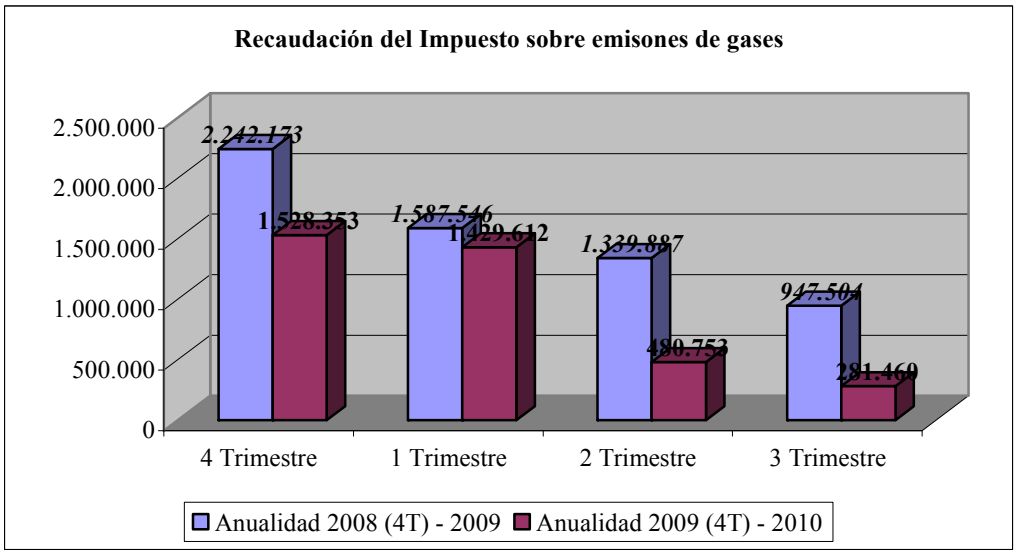
Pues bien, centrando el discurso en el Impuesto andaluz sobre emisión de gases a la atmósfera, resulta que este tributo grava las emisiones a la atmósfera de dióxido de carbono (CO_2), de óxidos de nitrógeno (NO_x) y de óxidos de azufre (SO_x) resultantes de los procesos productivos desde instalaciones situadas en Andalucía -por lo tanto, instalaciones que pueden quedar sujetas a los impuestos municipales de los Ayuntamientos donde esté radicadas-.

Para cuantificar el impuesto han de calcularse las llamadas unidades contaminantes emitidas por la instalación de que se trate, dividiendo para ello la cantidad total de cada sustancia emitida en el año natural entre la cifra fijada para cada una de ellas como valor de referencia -para el CO_2→200.000 toneladas/año, para los NO_x→100 toneladas/año, y para los SO_x→150 toneladas/año- y obteniéndose así las unidades contaminantes de cada sustancia (artículo 27. 1 y 2 de la Ley 18/2003). Apunta el artículo 28. 1 de la Ley 18/2003 que para la determinación de las unidades contaminantes se estará a las cifras que se deduzcan de los monitores para la medición en continuo de la concentración de las sustancias emitidas y medidores del caudal, si bien, para el CO_2, tal determinación se realizará mediante balance de materia en función de los datos de consumo y características del combustible y las materias primas.

Una vez determinadas las unidades contaminantes emitidas por una instalación, la cuantía del impuesto se calcula de acuerdo con la siguiente tabla contenida en el artículo 32 de la Ley 18/2003:

Base liquidable	Euros por unidad contaminante
Hasta 10 unidades contaminantes	5.000
Entre 10,001 y 20 unidades contaminantes	8.000
Entre 20,001 y 30 unidades contaminante	10.000
Entre 30,001 y 50 unidades contaminante	12.000
Más de 50 unidades contaminantes	14.000

Dicho esto, de acuerdo con estos datos y con los que ofrecen al respecto los Cuadernos de Recaudación Tributaria publicados trimestralmente por la Junta de Andalucía, se adelanta que el producto de este impuesto en Andalucía desde octubre de 2009 a septiembre de 2010 ascendió a 3.720.178 de euros, frente a los 6.117.110 de euros del periodo anual anterior.



Pues bien, siendo estos los recursos financieros que generan la emisión de estos gases contaminantes en Andalucía, se cree que es posible poner en relación los mismos con un compromiso de las EE. LL. con el fomento de la producción y el uso de las EE. RR. materializado en la concesión de beneficios fiscales sobre sus impuestos.

Concretamente, partiendo de las premisas de que (i) el producto del Impuesto andaluz sobre emisión de gases está ya afecto a las actuaciones de protección medioambiental y conservación de los recursos naturales y de que (ii) todas las entidades que forman el Estado están igualmente implicadas en los objetivos de reducción de emisiones contaminantes, sería posible ceder, a las EE. LL. que concedan beneficios fiscales a la producción y el uso de las EE. RR., parte del producto del Impuesto andaluz sobre emisión de gases -así como de otros fondos estatales específicos-, en la medida que tales beneficios fiscales se traduzcan en una mayor implantación de sistemas de aprovechamiento de las EE. RR. que determinen a su vez, como no, una reducción de las emisiones de gases contaminantes.

En otras palabras, si se permite el símil, se trataría de que la Junta de Andalucía gravara a las instalaciones radicadas en su territorio que emitieran gases contaminantes y que, en cambio, las EE. LL. premiaran a aquellas otras instalaciones que se situaran en su territorio y que, mediante el fomento de la producción y el uso de las EE. RR., redujeran las emisiones contaminantes respecto a aquellas otras que produjeran igual energía de fuentes no renovables.

Evidentemente, este mecanismo precisaría del dato técnico-económico que ajustara adecuadamente esa relación entre, de un parte, la emisión de gases contaminantes que generan el producto del Impuesto andaluz sobre emisión de gases a las atmósfera y, de otra, la reducción de estas emisiones que efectivamente supone la implantación de los sistemas de aprovechamiento de las EE. RR. en el territorio de las EE. LL. que concedan los beneficios fiscales.

3. Conclusión: La necesidad de fomentar la implantación de beneficios fiscales a las EE. RR. otorgando a las entidades territoriales recursos financieros derivados de los impuestos que gravan las emisiones de gases a la atmósfera.

Teniendo en cuenta lo anterior, como conclusión de todo lo dicho, se cree que, tal y como recomienda la UE, es necesario fomentar la producción y el uso de las EE. RR. mediante una adecuada política fiscal, la cual pasa, dada la configuración del actual sistema tributario español, por otorgar beneficios fiscales en los impuestos municipales.

Lógicamente, como contraprestación a esta menor cantidad de ingresos tributarios para las EE. LL, podría articularse, a imagen de lo que sucede con los grandes municipios y los municipios turísticos, un modelo de financiación específico para los municipios comprometidos con el fomento de la producción y el uso de las EE. RR., modelo en el que, junto a los recursos propios y otros previstos en el TRLHL, podría preverse una cesión de impuestos específica proveniente de los impuestos ecológicos de las CC. AA. y de otros fondos estatales relacionados -por ejemplo, el IVA recaudado por las transmisiones de los derechos de emisión-.

Referencias.

[1] FERNÁNDEZ LÓPEZ, R. I.: "*Un nuevo enfoque de la tributación ambiental: la fiscalidad específica sobre las fuentes de energía renovables*", Quincena Fiscal número 22, 2010.

[2] BOKOBO MOICHE, S.: "*Rentabilidad fiscal de las inversiones en medio ambiente*", Impuestos número 13, 2001.

SVM classification for pitting corrosion detection of Austenitic stainless steel in $MgCl_2$ solutions

M.J. Jiménez-Come[1], E. Muñoz[2], R. García[3], V. Matres[4], M.L. Martín[5], F. Trujillo[6] and I. Turias[7]

[1]Department of Civil and Industrial Engineering (Algeciras), [2]Industrial Technologies Research Institute; [5,6]Department of Chemical Engineering;[7]Department of Computer Science, University of Cádiz, Avda. Ramón Puyol s/n 11202 - Algeciras (Cádiz), Spain,
[(1,2,5,6,7)]Grupo de investigación: Modelado Inteligente de Sistemas TEP024
{mariajesus.come,eva.munoz,luz.martin,francisco.trujillo,ignacio.turias}@uca.es
[3,4]ACERINOX, S.A. Polígono Industrial Palmones 11379 - Los Barrios (Cádiz), Spain,
{rosa.garcia,victoria.matres}@acerinox.es

Abstract. In order to classify the corrosion status of EN 1.4404 austenitic stainless steel, Support Vector Machines (SVM) have been used as classification technique to model pitting corrosion behaviour of this material. To determine values of critical pitting potentials (Epit), electrochemical polarization tests were carried out with different aqueous conditions: chloride ion concentration (from MgCl solutions), pH values and temperature. In this way, the classification methods employed try to simulate the relation between Epit and those various environmental parameters studied. SVM were used with different kernel functions: lineal, quadratic, polynomial and basis radial function in order to determine the optimum model. This technique has generally been regarded as successful, giving a good correlation between experimental and predicted data. The analysis of the results becomes useful to know the behaviour of austenitic stainless steel in different environmental conditions.

Keywords: austenitic stainless steel, pitting corrosion, SVM.

1. Introducción.

El impacto medioambiental de la fabricación y utilización de los distintos materiales puede ser medido en función de las emisiones originadas así como, de la cantidad de energía necesaria en el proceso de fabricación para la obtención de los mismos. El uso del acero inoxidable se ha extendido en los últimos tiempos al tratarse de un producto que respeta al medioambiente, fabricado principalmente a partir de acero al carbono y acero inoxidable reciclado. La utilización de materias primas reciclada reduce la energía necesaria en los procesos de fabricación así como, la cantidad de residuos y emisiones. El acero inoxidable se trata de un material 100% reciclable, con una vida útil extremadamente larga reduciendo el consumo relativo de recursos naturales si se compara con productos obtenidos a partir de materiales que se desgastan con mayor rapidez y necesitan sustituirse. [1].

Debido a las valiosas propiedades que este tipo de aleación presenta, tales como alta resistencia a la corrosión, ductilidad, tenacidad y durabilidad, hacen que este material sea idóneo en una amplia gama

de aplicaciones: equipos para industria química, agro-alimentaria y farmacéutica, electrodoméstico, industria del transporte y construcción. En este último campo, en edificación e ingeniería civil, las excelentes calidades estéticas y su fácil mantenimiento han sido uno de los factores más importantes que han promovido su uso. En este ámbito la tasa de recuperación es del 100%. Al tratarse de un producto inalterable y totalmente inerte en su relación con el ambiente se ha convertido en un material ideal para aplicaciones en construcción, cuando se expone a intemperie como: tejados, fachadas, puentes, etc, ya que la estructura presenta una vida útil con bajos coste de mantenimiento y mínimo impacto ambiental. Además de las propiedades de buena durabilidad y calidad estética, también destaca por sus excelentes propiedades mecánicas en términos de resistencia, comportamiento dúctil y buena resistencia frente al fuego en comparación con el acero al carbono [2,3]. Sin embargo, unos de los problemas más importantes que presenta este material en sus aplicaciones en el mundo de la construcción es el hecho de que puede sufrir corrosión al encontrarse expuesto a condiciones medioambientales extremas, tales como medios ácidos con alto contenido en cloruros, como el agua del mar, y temperatura elevada. Uno de los fenómenos de corrosión más típico es el asociado a la formación de picaduras.

La corrosión por picaduras es un tipo corrosión localizada que tiene lugar en la superficie del metal, donde determinadas áreas se corroen preferencialmente, dando lugar a la formación de cavidades o picaduras, mientras el resto de la superficie permanece intacta. La formación de estas picaduras provoca fallos en el material que afectan a sus propiedades y al tiempo de vida útil [4].

Hasta la fecha, varios trabajos de investigación se han desarrollado en esta línea con objeto de mejorar el comportamiento de este material frente al fenómeno de la corrosión. Uno de ellos está relacionado con la importancia del papel que juega la composición química de la aleación en la resistencia a la corrosión [5]. La presencia de elementos como Cr, Mo o N en la composición del inoxidable, confiere a este tipo de material, mayor resistencia a la corrosión por picadura, mejorando así su comportamiento [6].

En los últimos tiempos, se han llevado a cabo diversos estudios basados en sistemas de clasificación automáticos que tratan de desarrollar modelos estadísticos a partir de datos experimentales empleando la inteligencia artificial y que son empleados para modelar el comportamiento de los sistemas reales [7-13]. Con objeto de lograr un buen control del fenómeno de la corrosión sobre los aceros inoxidables y en base a este problema, se desarrolla un proyecto europeo bajo el título: "*Avoiding catastrophic corrosión failure of Stainless Steel*"- CORINOX- (RFSR-CT-2006-00022), desarrollado parcialmente por ACERINOX S.A con objeto de estudiar los potenciales de picaduras de distintas muestras de acero inoxidable, entre ellos a destacar el tipo austenítico EN 1.4404. El estudio se realiza mediante ensayos de polarización potenciodinámica bajo diferentes condiciones de concentración de cloruros, pH y temperatura. A partir de los resultados obtenidos y como objeto de este trabajo, se estudian métodos de clasificación basados en el empleo de Máquinas de Soporte Vectorial (SVM: *Support Vector Machine)* que permiten predecir de forma cualitativa el estado de corrosión del material en función de los factores medioambientales a los que dicha aleación se encuentra expuesta, tales como concentración de cloruros, pH y temperatura empleando disolución acuosa procedente de cloruro de magnesio como sal precursora. Con este trabajo, se continúa la línea de investigación orientada a la predicción del estado de corrosión de los aceros inoxidables austeníticos EN 1.4404, permitiendo comparar los resultados con aquellos obtenidos empleando distinta sal precursora [14].

2. Metodología y desarrollo experimental.

Con objeto de desarrollar modelos capaces de predecir el estado de corrosión del acero inoxidable austenítico EN 1.4404, un total de 77 muestras de este material, de composición 0.026% C, 0.37% Si, 1.6% Mn, 0.01% S, 16.6% Cr, 10.2% Ni, 2.4% Mo, 0.025% N, 0.032% P, fueron sometidas a ensayos de polarización potenciodinámica. Se registran datos de potencial de picadura para las distintas condiciones ensayadas variando concentración de cloruros (0.0025 - 0.1 mol/L), pH (3.5-7) y temperatura (275-350 K) empleando disolución acuosa procedente de cloruro de magnesio como sal precursora.

El potenciostato empleado para los ensayos es PARSTAT 273. Se registran valores de potencial y densidad de corriente que son representados en escala semilogarítmica proporcionando la curva de polarización para cada muestra en función de las condiciones ensayadas. A partir de la curva, se observa el inicio de la corrosión por picadura como el punto donde se produce un aumento brusco e irreversible de la densidad de corriente. El valor de potencial de picadura corresponde para cada caso con el valor de potencial en el que la densidad de corriente alcanza un valor de 100μA/cm^2. El estado de corrosión de la muestra es determinado mediante un análisis microscópico. El la Fig. 1, se muestran las curvas de polarización obtenidas para un rango de temperaturas comprendido entre 283 y 348 K en disolución acuosa de cloruro de magnesio con concentración de 0.005M de iones cloruros y pH de 5.5.

Los valores obtenidos de potencial de picadura junto con las condiciones ensayadas para cada muestra y el estado de corrosión de cada una de ellas, formarán la base de datos objeto de estudio.

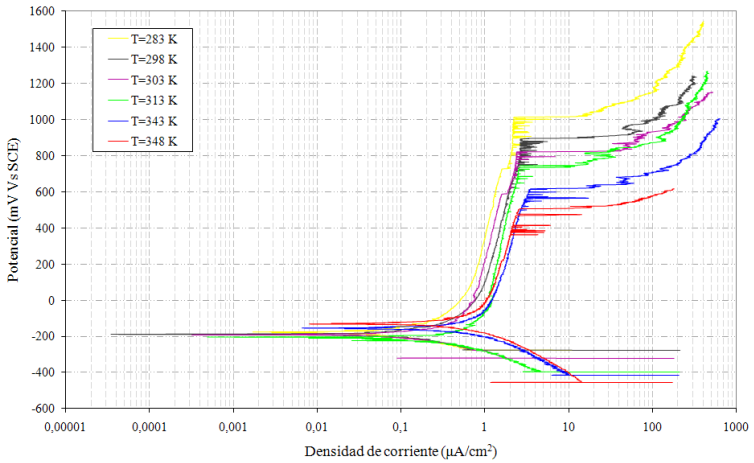


Fig. 1 Curvas de Polarización para EN 1.4404. Condiciones ensayadas: 0.005 mol/L de concentración de cloruros y pH = 5.5

En base a los resultados obtenidos del proyecto CORINOX, se emplea las SVMs como modelo de clasificación, capaces de relacionar el estado de corrosión del inoxidable con las condiciones en las que el material ha sido expuesto. La teoría de las SVMs fue desarrollada inicialmente por V. Vapnik, centrándose en la Teoría el Aprendizaje Estadístico donde se busca estimar dependencias funcionales a partir de una colección de datos [15]. Esta técnica se ha convertido en los últimos años en una de las más importantes en el área de reconocimiento de patrones y más específicamente en la parte de clasificación. El objetivo de este modelo es encontrar medidas que sean proporcionales al error de clasificación en función del riesgo y de la dimensión Vapnik-Chervonenkis (VC). Uno de los puntos clave cuando el número de patrones es reducido es evitar el sobreajuste [16]: modelo que se ajuste demasiado a los datos de entrenamiento y generaliza mal los datos nuevos. Para evitar el sobreajuste es necesario controlar la complejidad del modelo que viene determinada por la dimensión VC. A mayor complejidad, mayor capacidad para ajustar los datos de entrenamiento y menor poder de

generalización. Es necesario, por tanto, buscar un equilibrio entre el riesgo de error sobre el conjunto de entrenamiento y la dimensión VC del modelo a fin de lograr la estructura óptima. Esto se traduce hacia la búsqueda de un hiperplano separador óptimo que maximice el margen, es decir, que haga máxima la distancia mínima de un patrón a la frontera de decisión que separa las distintas clases. A mayor margen, se minimiza la dimensión VC, mayor es la tolerancia al ruido y por tanto mayor capacidad de generalización [17]. Los puntos situados más cercanos al hiperplano óptimo son llamados vectores de soporte y contienen la información necesaria para establecer la frontera entre las distintas clases. Para lograra esta separación, las SVMs emplean funciones kernel que permiten trabajar en un espacio de mayor dimensiones aumentando la probabilidad de que los patrones sean linealmente separables.

La efectividad de las máquinas de soporte depende de la selección de kernel, de los parámetros de la función kernel y del parámetro C que permite controlar la complejidad con independencia del número de dimensiones. Para este estudio de emplean distintos tipos de funciones kernel: lineal, cuadrático, polinómico (tercer grado) y funciones de base radial (RBF: *Radial Basis Function*) con distintos valores de γ. Además se estudian distintos valores de C (2^{-5}, 2^{-1}, 2^{0}, 2^{3}, 2^{7}) con el fin de conseguir la configuración óptima. Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 1.

Modelo SVM C – función kernel		**PCA LOO**	**PCA 2CV**	**PCA 2CV'**	**No-PCA LOO**	**No-PCA 2CV**	**No-PCA 2CV '**
$C = 2^{-5}$	Lineal	0.935	0.904	0.920	0.891	0.891	0.893
	Cuadrático	0.913	0.851	0.862	0.848	0.826	0.835
	Polinómico	**0.978**	0.857	0.870	0.935	0.888	0.889
	RBF ($\gamma = 2^{-3}$)	0.804	0.748	0.768	0.674	0.500	0.504
	RBF ($\gamma = 2^{0}$)	0.935	0.888	0.884	0.870	0.864	0.874
	RBF ($\gamma = 2^{3}$)	0.935	0.904	0.913	0.870	0.871	0.878
$C = 2^{-1}$	Lineal	0.957	0.950	0.949	**0.978**	0.948	0.952
	Cuadrático	0.957	0.929	0.935	0.957	0.877	0.885
	Polinómico	0.957	0.907	0.913	0.978	0.878	0.874
	RBF ($\gamma = 2^{-3}$)	0.804	0.758	0.783	0.674	0.501	0.507
	RBF ($\gamma = 2^{0}$)	0.957	0.913	0.920	0.935	0.882	0.889
	RBF ($\gamma = 2^{3}$)	0.935	0.907	0.920	0.870	0.878	0.885
$C = 2^{0}$	Lineal	0.957	0.950	0.957	**0.978**	0.950	0.954
	Cuadrático	0.935	0.919	0.928	0.957	0.874	0.880
	Polinómico	0.957	0.910	0.928	**0.978**	0.871	0.867
	RBF ($\gamma = 2^{-3}$)	0.804	0.764	0.790	0.674	0.501	0.507
	RBF ($\gamma = 2^{0}$)	0.957	0.922	0.928	0.957	0.882	0.889
	RBF ($\gamma = 2^{3}$)	0.935	0.907	0.920	0.891	0.879	0.885
$C = 2^{3}$	Lineal	0.957	0.947	0.957	**0.978**	0.940	0.946
	Cuadrático	0.935	0.913	0.920	0.957	0.850	0.859
	Polinómico	0.957	0.904	0.913	**0.978**	0.873	0.867
	RBF ($\gamma = 2^{-3}$)	0.804	0.742	0.775	0.674	0.503	0.509
	RBF ($\gamma = 2^{0}$)	0.957	0.904	0.913	0.957	0.880	0.889
	RBF ($\gamma = 2^{3}$)	0.957	0.919	0.928	0.913	0.917	0.922
$C = 2^{7}$	Lineal	0.935	0.922	0.920	0.957	0.928	0.935
	Cuadrático	0.957	0.894	0.891	0.935	0.840	0.850
	Polinómico	0.891	0.870	0.862	0.957	0.871	0.867
	RBF ($\gamma = 2^{-3}$)	0.804	0.745	0.783	0.674	0.499	0.509
	RBF ($\gamma = 2^{0}$)	0.935	0.873	0.884	0.935	0.880	0.889
	RBF ($\gamma = 2^{3}$)	0.957	0.950	0.957	0.978	0.951	0.957

Tabla 1. Porcentaje de aciertos (precisión) para cada configuración del modelo de Máquina de Soporte Vectorial

Cada uno de los patrones ensayados en el proyecto de CORINOX fueron clasificados tras el ensayo en función de su estado de corrosión en dos clases diferentes: 1, patrones que han sufrido corrosión por picaduras y 0, patrones que no han sufrido corrosión por picaduras.

Las variables de entrada al sistema a modelar son las condiciones a las que el patrón ha sido expuesto: concentración de cloruros, pH y temperatura, además del valor de potencial de picadura registrado para cada patrón.

Como paso intermedio a la aplicación de las máquinas de soporte para el sistema de clasificación binaria, se emplea un Análisis de Componentes Principales (PCA: *Principal Analysis Component*) [18]. Mediante este método estadístico se consigue reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos de varias variables, cuatro variables en este estudio, para llegar a un espacio de nuevas características conservando en esas nuevas características la información más relevante de los datos de partida. En este estudio el número de variables retenidas es de dos, permitiendo obtener representaciones de dos dimensiones. El intervalo de confianza de la varianza alcanzado para todas las iteraciones resulta ser ~99.9%, siendo las variables con mayor peso, la temperatura y el potencial de picadura. De esta forma, es posible analizar a priori la tendencia de agrupación de cada uno de los grupos de la base de datos con objeto de seleccionar aquellos puntos que representan las distintas zonas en el espacio bidimensional para estudiar el sistema empleando el mismo número de datos para cada estado de corrosión.

Dos técnicas de validación han sido empleadas para entrenar el modelo de clasificación: Leave One Out (LOO) y Doble Validación Cruzada (2-CV) [19]. De esta forma se realiza un aprendizaje supervisado mediante el cual, a partir de un conjunto de patrones relacionados con el fenómeno de corrosión por picadura para el acero inoxidable, se construyen modelos capaces de predecir nuevos estados de corrosión para este tipo de materiales en diferentes condiciones medioambientales a las que el material puede encontrarse expuesto.

Los modelos de Máquinas de Soporte Vectorial estudiados empleando distintos valores para C y distintas funciones kernel, han sido comparados mediante el cálculo de la precisión, porcentajes de acierto, con objeto de elegir la estructura óptima para este tipo de clasificadores.

3. Resultados.

En este estudio, se aplican las SVMs para abordar un problema de clasificación binaria relacionado con el estado de corrosión por picaduras en los aceros inoxidables austenítico tipo EN 1.4404 expuesto a diferentes concentraciones de cloruros, pH y temperatura empleando como sal precursora para la preparación de la disolución acuosa, cloruro de magnesio. Los resultados de precisión obtenidos para las distintas configuraciones empleadas son mostrados en la Tabla 1.

Para el caso de 2CV, los resultados se presentan como media de 20 repeticiones, calculando la media normal y la media robusta con el 25% (2CV'). En base a la Tabla 1, los mejores resultados se obtienen empleando kernel lineal ó polinómico con LOO alcanzando una precisión del 97.8%. Se observa que PCA mejora los resultados para todos los casos cuando se emplea 2CV como técnica de validación. Para el caso de PCA-LOO, los resultados obtenidos empleando la función kernel lineal y RBF ($\gamma = 1$) resultan similares, mientras que en el caso de PCA-2CV, la función kernel lineal proporciona mejores resultados en comparación con el resto, independientemente del valor de C estudiado. Por otra parte se observa que los valores óptimos para C se sitúan en los valores intermedios.

Además, los resultados muestran que, generalmente la precisión de los sistemas de clasificación propuestos decrece significativamente empleando 2CV como técnica de validación, al tratarse de una técnica más crítica donde se emplea la mitad de los patrones para entrenar el modelo mientras que para el caso de LOO son empleados todos los patrones a excepción de uno que será el empleado para la validación del modelo. El uso de LOO como técnica de validación proporciona mejores resultados especialmente cuando el número de patrones de la base de datos es reducido.

En la Fig. 2, se muestra el resultado del modelo PCA-2CV con función kernel polinómica donde se representa el estado de corrosión que predice el modelo para toda la superficie representada: el área punteada en rojo corresponde a la superficie con corrosión que predice el modelo, mientras la zona amarilla es la zona sin corrosión. Los puntos representados con círculo verde son los patrones de entrenamiento sin corrosión, mientras que los de color rojo son los patrones de entrenamiento con corrosión. Además, los patrones del conjunto de validación para la iteración representada, están señalados con una estrella: negra cuando han sido bien clasificados y azul en caso contrario. Los vectores soportes, representados mediante un triangulo, son los puntos que contienen la información necesaria para la representación del hiperplano óptimo representado mediante la línea negra sólida que separa las distintas clases.

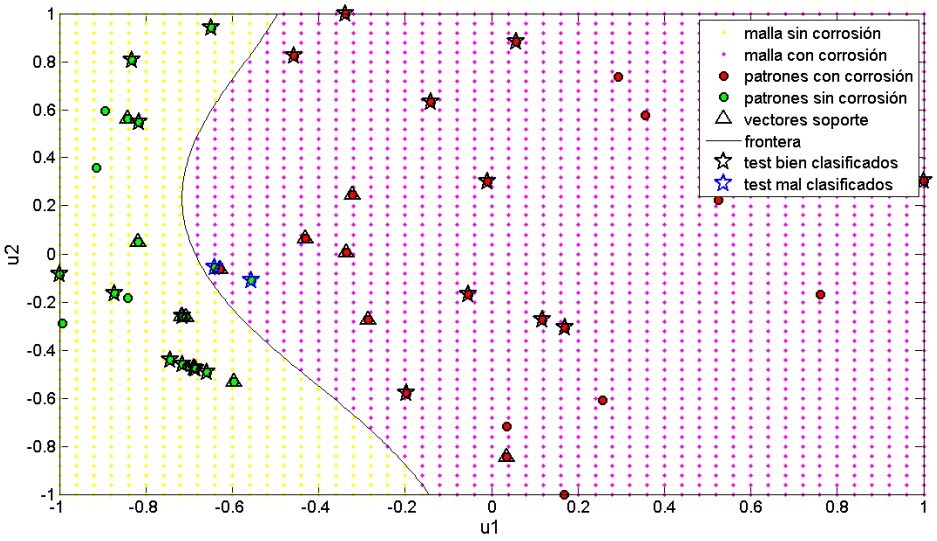


Fig. 2 PCA-SVM-2CV (Polinómico) Acero Inoxidable Austenítico EN 1.4404

4. Conclusiones.

La selección de características en los métodos de clasificación resulta un paso crucial para el buen desarrollo del modelo, así queda de manifiesto en la mejora de los resultados obtenidos con PCA-2CV en comparación con los resultados obtenidos sin preprocesamiento. El valor de precisión máximo alcanzado es del 97.6% empleando LOO como técnica de entrenamiento.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la alta capacidad de las máquinas de soporte vectorial de resolver este tipo de problemas de clasificación, resultando útil para conocer las condiciones a las que se debe evitar exponer el material y poder proteger así sus propiedades.

Agradecimientos.

Este trabajo ha sido realizado con el soporte de la Cátedra-ACERINOX (Universidad de Cádiz) y el proyecto europeo "Avoiding catastrophic corrosion failure of stainless steel" (CORINOX RFSR-CT-2006-00022), desarrollado parcialmente en ACERINOX S.A.

Referencias.

[1] P.J. Cunat, Manual de Aceros Inoxidables de Euroinox, Bruselas, (2002).
[2] E.Miettinen, K. Taivalantti, A. Talja, Stainless Steel in Architecture, Bruselas, (2002).
[3] J. Monjo, V. Azorín, I.Oteiza, M Ponce, La Investigación en la Construcción. Conclusiones de la II Jornadas de Investigación en la Construcción, Informes de la Construcción, 2008, 60(511): 75-86
[4] G. Di Caprio, Los Aceros Inoxidables, 2ª ed,. Grupinox, Barcelona, España, (1999)
[5] R. Merello, F.J. Botana, J. Botella, M.V. Matres, M. Marcos, Influence of Chemical composition on the pitting corrosion resistance of non-standard low Ni high Mn-N duplex stainless steels, Corrosion Science,1993, 45: 909-921.
[6] E.R Quarfort, Investigation of the applicability of some PRE expression for austenitic stainless steels. Avesta Corrosion Management, 1992, 1:1-5.
[7] C.P. Sturrock, W.F. Bogaerts, Classification and Prediction of the Corrosion Behavior of Nickel-Containing alloys from Field Test Data, Computerization and Networking of Materials Database, 1997,, 144-157.
[8] P. Pohjanne, L. Carpén, T. Hakkarainen,P. Kinnunen, A method to predict pitting corrosion of stainless steels in evaporative conditions. Journal of Constructional Steel Research, 2008, 64(11): 1325–1331.
[9] H.M.G. Smets, W.F.L. Bogaerts, Deriving corrosion Knowledge from case histories: the neural network approach, Materials and Design, 1992, 13(3): 149-153
[10] R.A. Cottis, Neural Network Methods for Corrosion Data Reduction, Sheir's Corrosion, 1996,2:1680-1692
[11] I.J. Turias, J.M Gutiérrez, P.L. Galindo, Modelling the effective thermal conductivity of an unidirectional composite by the use of artificial neural networks, Composites Science and Technology, 2005, 65:609–619
[12] M. Martin, I.J. Turias, F.J Gonzalez, P.L. Galindo, F.J. Trujillo, Aplicación de técnicas de clasificación para la predicción de niveles máximos de concentración de monóxido de carbono en la Bahía de Algeciras, III Congreso Internacional de Avances Científicos en Ingeniería Industrial y Civil (ACIIC'2006) - SACIE'2006 Scientific Advances on Civil and Industrial Engineering Algeciras (Cádiz, España), 2006.
[13] J.A. Moscoso, A.L Duarte, I. J. Turias, Logistics problems approach using Artificial Intelligence Techniques. Congreso Científico Internacional de Ingeniería, Tetuán (Marruecos), 2010, 368-373.
[14] M. J. Jiménez-Come, E. Muñoz, R. García, V. Matres, M. L. Martín, F. Trujillo and I. Turias, Austenitic Stainless Steel EN 1.4404 Corrosion Detection Using Classification Technique, Advances in Intelligent and Soft Computing, 2011, 87:193-201
[15] I. Guyon, V. Vapnik, B. Boser, L. Botton, S. Solla, Structural risk minimization for character recognizition. Advances in Neural ÇInformation Processing Systems, 1992, 4:471-479
[16] D. Montgomery, E. Peck, Introduction to Linear Regresion Analysis, John Wiley and Sons, Inc. 2nd edicion, 1992
[17] C. Cortes, V. Vapnik , Support Vector Machines. Machine Learning, 1995, 20: 273-297
[18] I.T. Jolliffe, Principal Component Analysis, Springer-Verlag, New York,1986
[19] T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer,2001, pp. 214-216

Support Vector Machines and Backpropagation Multilayer Neural Networks as classification methods for predicting high levels of SO_2 environment pollutant

E. Muñoz[1]; M.L. Martín[2]; M.J. Jiménez-Come[3]; F.J. Trujillo[4]; I. Turias[5]

[1]Industrial Technologies Research Institute; [2,4]Department of Chemical Engineering; [3]Department of Civil and Industrial Engineering; [5]Department of Computer Science

[1-5]Polytechnic School of Engineering (Algeciras). University of Cádiz. Avda. Ramón Puyol s/n. 11202-Algeciras (Cádiz)-Spain

{eva.munoz, luz.martin, mariajesus.come; francisco.trujillo;ignacio.turias}@uca.es

Abstract. Two classification methods were used in this comparative study. Support Vector Machine (SVM) and Backpropagation Multilayer Network (BP) are carried out to predict daily mean concentration peaks of SO_2 pollutant in Algeciras Bay. SO_2 is one of the causes for concern over the environmental impact of the use of coal and petroleum as power sources. This study makes use of meteorological variables such as wind speed, wind direction and humidity due to their direct effect on pollutant dispersion. Principal Component Analysis (PCA) and Fisher Linear Discriminant (Fisher LDA) are applied to reduce the dimensionality of the large data set maintaining the maximum amount of information. SVM performance a better classification as it is shown in the least amount of non-peaks classified as false peaks and vice versa.

Keywords: forecasting, classification models, multilayer neural networks, support vector machines.

1. Introducción.

La zona del Campo de Gibraltar/Bahía de Algeciras cuenta con grandes industrias, polígonos industriales e instalaciones portuarias. Esto ha hecho necesario la implantación de un plan de mejora de la calidad ambiental llevado a cabo por la Junta de Andalucía. Mediante los modelos de predicción de contaminantes propuestos, se consigue definir acciones y estrategias de control de aquellos episodios de contaminación que puedan exceder las concentraciones medias diarias de SO_2 definidas en la normativa vigente Directiva 1999/30/CE [1]. La base de datos recoge los valores de dióxido de azufre así como información meteorológica registrada en el período 1999-2006. En todo episodio de contaminación, las condiciones meteorológicas tienen especial implicación en el aumento/disminución y dispersión de los contaminantes. Esta es la razón por la cual, temperatura, humedad relativa y velocidad y dirección del viento son variables de entrada a los modelos de predicción. Los modelos de predicción (ver tabla 1) en este estudio son SVM y Backpropagation Multilayer Neural Network, a los que se le aplica PCA y Fisher LDA como métodos de selección de características cuyo objeto es reducir el problema de la dimensionalidad.

Muchos científicos han centrado su investigación en la predicción de contaminantes. Una descripción breve de la literatura se muestra a continuación: Pérez [2] estudió la predicción de la concentración de SO_2 por tres métodos diferentes como la persistencia, la regresión lineal y redes neuronales. Y también, diversas variables meteorológicas tales como temperatura, humedad y velocidad del viento fueron incluidos como entradas a los modelos. Otro estudio importante llevado a cabo por Martín et al. [3] revela que incluyendo variables exógenas se puede mejorar los modelos de predicción de niveles máximos de concentración de CO usando RNA. En este estudio de predicción, se ha introducido información exógena de variables como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento. Un modelo de redes neuronales con una capa oculta fue aplicado para la predicción a corto y largo plazo de concentraciones de CO, benceno y ozono en una área urbana [4]. Kukkonen et al. [5] evaluó en dos estaciones en Helsinki cinco modelos de redes neuronales utilizando las variables meteorológicas como datos de entrada y demostró un buen comportamiento de la red neuronal. En Sostanj (Slovenia), Boznar et al. [6] abordó un modelo de redes neuronales artificiales para la predicción de la concentración de dióxido de azufre con la finalidad de reducción los picos de concentraciones de contaminantes. En el área del Campo de Gibraltar Turias et al. [7] utilizó distintitos modelos de predicción de medias horarias y diarias de concentraciones de SO_2 con y sin información exógena. Chelani et al. [8] realiza predicciones de medias horarias de concentración de dióxido de azufre mediante una red neuronal recurrente de tres capas (red Elman), utilizando el algoritmo de Levenberg-Marquardt para la fase de entrenamiento de la red.

2. Desarrollo del problema.

Se plantea un procedimiento basado en una clasificación de objetos en dos clases. Es establecido un valor umbral de concentración media diaria para SO_2 según marca la normativa vigente. Por lo que, todo aquel que lo supere pertenecerá a la clase denominada como pico, y aquellos que no superen dicho umbral, a la no-pico.

2.1. Técnicas de predicción de SO_2

Los modelos clasificadores empleados para la predicción de SO_2 son Red Neuronal Backpropagation y Máquinas de Soporte Vectorial. Para evitar 'the curse of dimensionality' se aplican técnicas de selección de características como PCA y Fisher LDA.

2.1.1. Modelos de clasificación

Backpropagation es la red multicapa de retropropagación de errores que va a ser utilizada en este estudio para la solución del problema de clasificación. Este modelo fue descrito inicialmente por Werbos [9] y posteriormente por Rumelhart et al. [10] que introdujo el algoritmo de aprendizaje backpropagation y las redes denominadas Backpropagation Neural Networks que consisten en un perceptron multicapa con una capa de entrada, una de salida y una o más capas ocultas interconectas completamente. La red aprende un conjunto de entradas y salidas, al que se denomina conjunto de entrenamiento. La variable salida corresponde a la clase o grupo de cada patrón usado en la fase de entrenamiento, siendo la clase definida a partir de un umbral establecido, pico o no-pico.

Por otro lado, las máquinas de soporte vectorial son un grupo de métodos de aprendizaje supervisado que puede ser aplicado tanto a clasificación como a regresión. Las máquinas de soporte vectorial representan una extensión a los modelos no lineales del algoritmo generalizado desarrollado por

Vladimir Vapnik [11]. El algoritmo de las máquinas de soporte está basado en la teoría de aprendizaje estadístico y en la dimensión Vapnik-Chervonenkis (VC) introducida por Vladimir Vapnik and Chervonenkis. Este método de aprendizaje supervisado aplicado para el problema de clasificación, consiste en entrenar la SVM a partir de un conjunto de entrenamiento de tal forma que, se construye un modelo capaz de predecir a la clase pico/no-pico a la que pertenece un nuevo patrón. SVM se caracteriza por una separación óptima entre clases, ya que este algoritmo busca el hiperplano óptimo de separación o lo que es lo mismo, el margen máximo entre los elementos de las dos categorías.

2.1.2. Selección de características

El costo de la computación y almacenamiento de grandes conjuntos de variables con datos cuantitativos que dependen de la dimensión hace que incluso en las máquinas más potentes, se intente reducir las dimensiones mediante dos técnicas: Análisis de Componentes Principales y Análisis Discriminante Lineal de Fisher.

PCA realiza la reducción de dimensionalidad [12] preservando la mayor cantidad de varianza posible en el espacio de alta dimensionalidad. En el caso de Fisher LDA lo hace conservando la mayor cantidad de información posible de clase de discriminación.

Modelo	Descripción del modelo
1.BP	Red Neuronal Backpropagation
2.PCA-BP	Red Neuronal Backpropagation con Análisis de Componentes Principales
3.Fisher-BP	Red Neuronal Backpropagation con Análisis Discriminante Lineal de Fisher
4.SVM	Máquina de Soporte Vectorial
5.PCA-SVM	Máquina de Soporte Vectorial con Análisis de Componentes Principales
6.Fisher-SVM	Máquina de Soporte Vectorial con Análisis Discriminante Lineal de Fisher

Tabla1. Descripción de los modelos de predicción

2.2. Ubicación de las estaciones de seguimento

La zona del Campo de Gibraltar presenta núcleos urbanos de gran concentración de población además de una importante y diversa actividad industrial. Por otra parte, el tráfico está concentrado principalmente en los núcleos urbanos y la principal carretera de la zona (Autovía A7). Además, el puerto de Algeciras, uno de los más importantes de Europa en tráfico de mercancías, es otra posible fuente de emisión de partículas y gases contaminantes, junto con el aeropuerto internacional de Gibraltar.

Las ubicaciones de las estaciones de Algeciras durante el periodo de muestreo han sido dos, por tanto, se diferencian como ALG_I y ALG_II, en los periodos de 1999-2003 y 2003-2006, respectivamente. La estación ALG_I se encuentra próxima a una vía urbana de intenso tráfico, a nivel del suelo y con bastantes edificios en su entorno, mientras que la estación ALG_II se encuentra más alejada de las

calles de mayor tráfico y a una altura de 15 metros sobre el nivel del suelo. Las mediciones de niveles de contaminantes atmosféricos tiene lugar mediante analizadores químicos, siendo controlado por la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.

2.3. Procedimiento experimental

El objetivo de este estudio es estimar la precisión de los modelos descritos con anterioridad. Para ello se lleva a cabo un procedimiento de remuestreo aleatorio [13] en el que la base de datos es dividida en dos conjuntos, uno de entrenamiento y otro de test. Se adopta un procedimiento de doble validación cruzada para estimar errores de predicción que son promediados y calculados para todos los subconjuntos. Cada algoritmo es repetido 20 veces [7] así se tiene en cuenta la variación de la selección de los datos de test y de los de entrenamiento. Al final del proceso, se calculan medias de los errores de clasificación generados.
El comportamiento de los distintos modelos de predicción propuestos va a ser comparado mediante los índices descritos a continuación, para ello se utiliza la figura 1 en la que se representa la clasificación realizada por el modelo 6 en la que se observa en forma de círculos azules los picos correctamente predichos (TP), los círculos rosas son los no-picos correctamente predichos (TN) y de las cruces, las azules son los picos falsos detectados (FP) y las negras los no-picos falsos detectados (FN). El índice que muestra los positivos verdaderos (TPR=TP/TP+FN) indica la habilidad del modelo clasificador para detectar picos verdaderos. TPR es una combinación de TP y el total de picos (TP+FN).

Por el contrario, cuando un modelo presenta habilidad en la detección de no-picos verdaderos, se conoce como especificidad que viene definida como 1-fracción de falsos positivos (FPR=TN/TN+FP). FPR es la relación entre la fracción de TN y el total de no-picos (TN+FP). La precisión (PR) es entendida como la relación entre la suma TP y TN y el total de picos y no-picos predichos (TP+TN+FP+FN) como se muestra en la ecuación (1).

$$\mathrm{PR} = \frac{\mathrm{TP} + \mathrm{TN}}{\mathrm{TP} + \mathrm{TN} + \mathrm{FP} + \mathrm{FN}} \tag{1}$$

El índice de Alarma de Falsos Positivos (FA=FP/TP+FP) es la fracción de FP y el número total de picos predichos (TP+FP).
La última ecuación (2) es el índice de éxito (SI) que es la relación entre FPR y TPR.

$$SI = \frac{FPR}{TPR} \tag{2}$$

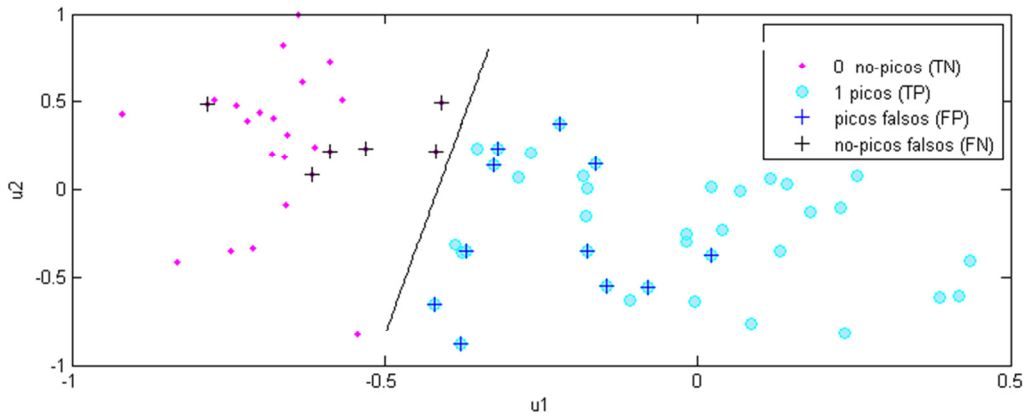


Figure 1. Representación gráfica de la clasificación realizada por el modelo 6

2.4. Resultados experimentales

Los índices descritos en el apartado anterior son los que nos van a servir para analizar la capacidad de los distintos modelos propuestos en la predicción de los picos y no-picos de contaminante a partir del umbral establecido.
En la tabla 2, se muestran los datos obtenidos de los índices de calidad desarrollados en el apartado anterior para cada modelo de predicción de SO_2 en el Campo de Gibraltar.

Umbral: 28 μg/m^3				
Models	TPR	FA	SI	Pr
1-BP	0.73	0.33	0.38	0.69
2-PCA-BP	0.77	0.26	0.48	0.74
3-Fisher-BP	0.68	0.39	0.24	0.62
4-SVM	0.63	0.22	0.51	0.76
5-PCA-SVM	0.63	0.30	0.35	0.68
6-Fisher-SVM	0.72	0.25	0.48	0.74

Tabla 2. Resultados de los modelos de predicción

Los resultados obtenidos muestran un menor valor de FA para el modelo 4 (SVM) seguido del modelo número 6 (Fisher-SVM); esto indica cómo las máquinas de soporte vectorial mejoran la clasificación realizada por los modelos de backpropagation al cometer menor número de errores en la clasificación de falsos positivos, es decir, de picos clasificados erróneamente.
Otro índice representativo de la correcta clasificación tanto de picos como de no-picos es PR. El modelo número 4 comparado con el 1, muestra un valor de precisión de 0.76 frente a 0.69. Mejor clasificación realizada por el modelo de SVM.

3. Conclusiones.

En la figura 1 se intenta mostrar la clasificación realizada por una máquina de soporte vectorial cuyas ventajas frente al resto de modelos claramente son:

- Mayor número de picos y no-picos bien clasificados
- Tiempo de ejecución del programa considerablemente menor, lo que supone un entrenamiento más eficaz y menos costoso.
- Los mejores modelos son el número 4 y 6 correspondientes a SVM con una buena relación de FA y PR con respecto al resto.

Agradecimientos.

Esta investigación es financiada parcialmente por una subvención de la Junta de Andalucía a través de FCTA (Fundación Campus Tecnológico de Algeciras), y a su vez, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía proporcionó a los autores todos los datos de las estaciones de seguimiento.

Referencias.

[1] European Community, Council Directive 1999/39/EC of 22 April 1999 regulating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air, Official Journal of the European Communities L163 , 1999, (pp.0041–0060).

[2] P. Perez. Prediction of sulphur dioxide concentrations at a site near downtown Santiago, Chile. Atmospheric Environment 35, 2001, (pp. 4929-4935).

[3] M.L. Martín, I.J. Turias, F.J. González, P.L. Galindo, F.J. Trujillo, C.G. Puntonet, J.M. Gorriz, Prediction of CO maximum ground level concentrations in bthe Bay of Algeciras, Spain using artificial neural networks. Chemosphere 70, 2008, (pp.1190-1195).

[4] P. Viotti, G. Liuti, P. Di Genova: Atmospheric urban Pollution: applications of an artificial neural network (ANN) to the city of Perugia, Ecological Modelling 148, 2002, (pp. 27-46).

[5] J. Kukkonen, L. Partanen, A. Karppinen, J. Ruuskanen, H. Junninen, M. Kolehmainen, H. Niska, S. Dorling, T. Chatterton, R. Foxall, G. Cawley, G., Extensive evaluation of neural network models for the prediction of NO_2 and PM_{10} concentrations, compared with a deterministic modelling system and measurements in central Helsinki. Atmospheric Environment 37, 2003,(pp. 4539–4550).

[6] M. Boznar, M. Lesjak, P. Mlakar, A neural network-based method for short-term predictions of ambient SO2 concentrations in highly polluted industrial areas of complex terrain. Atmospheric Environment 27B (2), 1993, (pp.221-230).

[7] I.J. Turias, F.J. González, M.L. Martín, P.L. Galindo, Prediction models of CO, SPM and SO2 concentrations in the Campo de Gibraltar Region, Spain: a multiple comparison strategy. Environmental Monitoring and Assessment 143, 2008 (pp.131-146).

[8] B.Chelani, C.V.C. Rao, K.M. Phadke, M.Z. Hasan, Prediction of sulphur dioxide concentrations using artificial neural networks. Environmental Modelling & Software 17,2002,(pp. 161-168).

[9] P. Werbos, Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioural sciences. Ph. D. Thesis, Harvard University (1974).

[10] D.E. Rumelhart, G.E. Hinton, R.J. Williams, Learning internal representation by error propagation. Parallel Distributed Processing, Explorations in the microstructures of cognition 1. MIT Press, Cambridge, MA (1986).

[11] V. Vapnik, S. Golowich, A. Smola, Support vector method for function approximation, regression estimation, and signal processing, in: M. Mozer et al. (Eds.), Advances in Neural Information Processing Systems, vol. 9, The MIT Press, Cambridge, MA, pp. 281–287 (1997)

[12] I.T. Jolliffe, Principal Component Analysis, Springer-Verlag, New York (1986)

[13] J. Pizarro, E. Guerrero, P. Galindo, Multiple comparison procedures applied to model selection. Neurocomputing 48, 2002, (pp.155-173).

Modelo Físico para la intercomparación económica de tipologías de seguimiento y concentración de instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red

F.J. Casares de la Torre [1], J. Ramírez-Faz [2], R. López-Luque [3]

[1] Dpto. de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Córdoba, Edificio Leonardo DaVinci. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. E-mail: casares@uco.es

[2] Grupo de Investigación de Física para las Energías y Recursos Renovables, Dpto. de Física Aplicada. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain

Abstract. The new legal frame given by the Spanish Law RD 1578/08 has produced the lack of profitability for some types of PV grid connected plants. This work deals on the comparison between economic results of different typologies of PV plants. These typologies have been ordered depending on their profitability and design criteria.

Keywords: Fotovoltaica conectada a red, Rentabilidad, Estudio económico..

1.- Introducción

Debido al gran *Boom* Fotovoltaico ocurrido en España desde la aprobación del RD 436/2004, y al rentable régimen tarifario establecido en el mismo, las tecnologías presentes en el mercado han sido cada vez mas variadas, aunque no existen aspectos claros en cuanto a la rentabilidad de cada una. Por tanto, la elección del tipo de instalación o de tecnología por parte del promotor, ha sido hasta el momento de una manera más o menos arbitraria.

Y dado que actualmente el mercado de la energía solar fotovoltaica se enfrenta, a un, no muy llamativo régimen tarifario, en este documento se pretenden establecer criterios que permitan intercomparar instalaciones con objeto de que sirvan al promotor para llevar a cabo la alternativa que le resulte más rentable.

Las instalaciones que se han estudiado en el presente estudio son las siguientes:

- Instalaciones fijas con una o dos inclinaciones óptimas a lo largo del año (F).
- Instalaciones con seguimiento a un eje polar (1P).
- Instalaciones con seguimiento a un eje polar con un sistema de baja concentración solar basado en una cavidad V-trough (1PC).
- Instalaciones con seguimiento a un eje acimutal (1A).
- Instalaciones con seguimiento a un eje azimutal con en un sistema de baja concentración solar basado en una cavidad V-trough (1AC).
- Instalaciones con seguimiento a dos ejes (2).
- Instalaciones con seguimiento a dos ejes con un sistema de baja concentración solar basa do en una cavidad V-*trough (2C)*.

2.- Antecedentes

2.1.- Antecedentes bibliográficos

Los antecedentes bibliográficos considerados para poder realizar este trabajo han sido, por una parte, modelos de radiación solar, y por otra, modelos que permiten predecir la producción de energía solar fotovoltaica.

2.1.1.- Modelos de radiación solar

En este trabajo, se ha considerado que la caracterización del fraccionamiento radiativo en irradiación directa y difusa diaria, se puede estimar tomando como variable independiente el índice de claridad, K_T, que viene definido por el método propuesto por Collares-Pereira y Rabl [1]

Para el cálculo de la radiación que incide sobre un plano inclinado se ha considerado el modelo isotrópico de radiación celeste.

2.1.2.- Modelos para predecir producción de energía solar fotovoltaica.

En el desarrollo de este trabajo, se han considerado varios modelos propuestos por diferentes autores para poder estimar la producción energética de una instalación solar fotovoltaica conectada a red. Los modelos que se han considerado son los siguientes:

2.1.2.1.- Modelo de Abella y Chenlo [2]

Este modelo considera que en todas las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica existen una serie de pérdidas intrínsecas a cada una de ellas. Las pérdidas consideradas son: pérdidas por no cumplimiento de la potencia nominal LPN, pérdidas de mismatch o de conexionado LM, pérdidas por polvo y suciedad LPS, pérdidas angulares y espectrales LAS, pérdidas por caídas óhmicas en el cableado en la parte de corriente continua LOhm,DC , pérdidas por sombreado Lsombras , pérdidas por temperatura, y por último, se han considerado aquellas pérdidas que son características de cada instalación Lotros, donde se pueden incluir las debidas a paradas por mantenimiento o fallos en alguno de los dispositivos de la instalación, o las atribuibles a cualquier otra causa. Por otro lado, no se han considerado como pérdidas, pero sí como eficiencias, el rendimiento del inversor η_{inv}, y el rendimiento del seguimiento del punto de máxima potencia del mismo, η_{SPMP}.

Por tanto, la potencia que se vierte a la red eléctrica se obtiene de considerar a la potencia en el punto de máxima potencia de un generador fotovoltaico ideal, las pérdidas de potencia mencionadas anteriormente. De esta forma, la potencia que realmente se vierte a la red eléctrica PAC, es:

$$P_{AC} = P^* \frac{G}{G^*}\left(1-\beta(T_c - T_c^*)\right)\left((1-L_{DC})(1-L_{Ohm,AC})(1-L_{sombras})(1-L_{otros})\eta_{inv}\eta_{SPMP}\right) \quad (2.8)$$

$$L_{DC} = 1-\left[(1-L_M)(1-L_{PS})(1-L_{AS})(1-L_{Ohm,DC})(1-L_{PN})\right] \quad (2.1)$$

Siendo LDC las pérdidas en la parte de corriente continua; P* la potencia nominal del generador en condiciones estándar de medida, STC; G la irradiancia que llega a un plano inclinado; G* la irradiancia en STC. (1000W/m2). Normalmente β toma el valor para el caso del silicio cristalino en torno al 0,41%-0,45% .

Por otra parte, para el cálculo de las pérdidas por temperatura se necesita saber la temperatura de operación de la célula Tc, que se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_c = T_a + \frac{TNOC - 20}{800} G \quad (2.2)$$

Siendo Ta la temperatura ambiente.

Los cálculos indicados se realizan con base horaria, para cada valor de irradiancia y de temperatura ambiente de un año meteorológico tipo, e integrando a todo el año, se puede obtener una estimación de toda la energía generada por el sistema:

$$E_{AC} = \sum_{año} P_{AC} \Delta t \quad (2.3)$$

2.1.2.2.- Modelo de Perpiñan [3].

Se trata de un método sencillo y rápido para calcular el rendimiento del inversor, que se obtiene en función de la potencia nominal del mismo p_{inv}, de la potencia entregada por el inversor o potencia de trabajo p_{ac}, y de tres parámetros adimensionales característicos del mismo que se pueden obtener de sus curvas experimentales de eficiencia: k_0^o, k_1^o y k_2^o.

$$\eta_{inv} = \frac{p_0}{p_0 + k_0^o + k_1^o p_0 + k_2^o p_0^2} \quad (2.4)$$

$$p_0 = p_{ac} / p_{inv} \quad (2.5)$$

2.1.2.3.- Modelo de Perpiñan para la estimación de sombras [4].

Cada tipo de instalación fotovoltaica presenta un ratio de ocupación de terreno característico de la misma, el cual relaciona el área que se requiere para instalar el generador fotovoltaico entre el área que ocupa el mismo.

El hecho de tener en cuenta el *ROT* que presenta cada una de las instalaciones solares fotovoltaicas es, fundamentalmente, para estimar tanto la potencia que se puede instalar, como el coste de terreno que presenta cada una de ellas. Este coste del terreno se expresa como:

$$Coste\_terreno = Nº\,Módulos \times ROT \times Coste\_terreno \quad (2.6)$$

A continuación, los dos siguientes modelos, se han considerado para el caso de las instalaciones solares fotovoltaicas que tengan, además de un sistema de seguimiento, un sistema de baja concentración solar basado en una cavidad *V-trough*.

2.1.2.4.- Modelo de García [5].

Este modelo permite calcular, de una manera sencilla, las pérdidas ópticas que ocurren dentro de una cavidad *V-trough*. Estas pérdidas ópticas incluyen tanto a las pérdidas angulares como a las pérdidas espectrales. . Establece el ratio de concentración $C_{útil}$, que realmente entra a formar parte de los cálculos de producción en cada una de las instalaciones es:

$$C_{útil} = C \times \eta_{op}(\theta_i) \quad (2.7)$$

$$\eta_{op}(\theta_i) = \frac{1 + 2\rho \cos 2\psi}{C} \quad (2.8)$$

donde: θ_i: ángulo de incidencia de los rayos del Sol; ψ: ángulo de cavidad, y del ratio de concentración geométrica; C : ρ coeficiente de pérdidas por reflectividad.

2.1.2.5.- Modelo de Fraidenraich para el diseño óptimo de la cavidad [6].

Para el diseño óptimo de la cavidad, en el presente trabajo se ha considerado que el número de reflexiones que se va a llevar a cabo dentro de la misma es la unidad, es decir, que un rayo del Sol sólo se podrá reflejar una sola vez hasta llegar al módulo fotovoltaico, y no varias (de un espejo a otro y por último al módulo). Partiendo de este hecho, solo se han considerado aquellas ecuaciones que impliquen esta condición.

2.2.- Antecedentes de mercado

En este trabajo se ha realizado un pequeño estudio de mercado para ver el precio real que presentan algunos de los dispositivos que forman parte de una instalación fotovoltaica, como son, los paneles fotovoltaicos, el inversor, y los seguidores solares.

3.- Metodología

Para el cálculo de la energía producida con cada sistema se ha considerado en todos los casos de todos los tipos de seguimiento un método de estudio basado en la simulación de la energía producida cada tres minutos. La única diferencia en cada caso, es el ángulo que forman los rayos del Sol con la posición del vector perpendicular al plano del colector en cada instante.

Para la obtención de resultados con el programa diseñado se ha supuesto:

- Localización geográfica: Córdoba
- Inclinación del panel en todos los casos: 37.85 º
- Reflectividad del espejo: 90 %; Ángulo de vertido: 28º
- Tasa de interés: 5% ; Años de vida útil de la instalación: 25
- Coste del Wp para el caso de una instalación fija = 5 €
- Parámetros característicos del inversor: $k_0 = 0.02$ $k_1 = 0.025$ $k_2 = 0.08$
- Ratio de ocupación del terreno de una instalación fija: 1.5
- Ratio de ocupación del terreno de una instalación con seguimiento: 5.5
- Coste de alquiler del terreno: 0.10 €/m^2 ; Coste de mantenimiento: 60 €/kWp
- Panel fotovoltaico: P_N: 190 W; TONC: 47ºC ; γ: 0.41 %/K, Anchura: 0.92 m
- Factores de pérdidas considerados: Mismatch: 2.5 %; Polvo y suciedad: 2.5 %; Angulares y espectrales: 2.5 %; Ohmicas DC: 1.63 %; Potencia nominal: 5 %; Ohmicas AC: 1.63 %; Sombreado: 1.5 %; Rendimiento SPMP: 4 %; Otras: 1 %

4.- Resultados

4.1.- Resultados en función del nivel de potencia instalada

Considerando una potencia instalada de 20.000 W en todos los tipos de instalaciones fotovoltaicas, y para dos opciones de los años de financiación de la instalación (15 ó 25 años), y del precio de venta de la energía (0.32 €/kWh ó 0.34 €/kWh), se han obtenido los siguientes datos de rentabilidad, Q (tabla 4.1).

$$Q = VAN / Inversión \quad (4.1)$$

	F	1P	1PC	1A	1AC	2	2C
15 años. 0.32€/kWh	-11,71	-7,61	11,79	-8,19	9,58	-4,89	10,07
25 años. 0.32 €/kWh	-21,27	-17,17	2,23	-17,75	0,02	-14,45	0,50
15 años. 0.34 €/kWh	-7,13	-2,84	17,23	-3,46	14,93	-0,27	15,33
25 años. 0.34 €/kWh	-16,69	-12,40	7,67	-13,02	5,37	-9,84	5,76

Tabla 1. Rentabilidad de las instalaciones para una potencia instalada de 20 kW

Observando el nivel de rentabilidad inferiores a cero en la tabla 4.1, se puede decir que para los cuatro casos considerados, las instalaciones fijas, y con seguimiento a un eje polar, con seguimiento a un eje azimutal, y con seguimiento a dos ejes, no son viables. Sin embargo, para el caso de instalaciones que tengan un sistema de seguimiento unido a un sistema de baja concentración solar *V-trough*, su rentabilidad será positiva en todos los casos.

4.2.- Resultados en función de un nivel de inversión deseado

4.2.1.- Nivel de potencia a instalar en cada tipo de instalación.

Para obtener estos resultados se ha considerado un nivel de inversión de 100.000 €. Con esta cuantía, el nivel de potencia instalada en cada instalación para este nivel de inversión se expresa en la tabla 4.2.

	F	1P	1PC	1A	1AC	2	2C
Power (W)	20000	17711	15196	17711	15493	16826	14640

Tabla 2. Potencia instalada para una inversión de 100000€

Se puede observar que las instalaciones con seguimiento solar que tengan un sistema de baja concentración solar V-trough, son las que evidentemente presentan un mayor coste por unidad de potencia instalada. Esto ocasiona que la potencia a instalar en cada una de ellas sea menor que si la instalación no tuviese una cavidad V-trough.

La instalación con seguimiento a dos ejes con concentración es en la que se puede instalar menos potencia, y en el caso opuesto, la instalación fija es en laque se puede instalar la mayor potencia. Esta potencia a instalar, unida a la producción energética que cada instalación solar fotovoltaica es capaz de generar, determinará, en gran medida, la rentabilidad que se obtenga en cada tipo de instalación.

4.2.2.- Rentabilidad según tarifas establecidas por real decreto actual y anterior.

El nuevo Real Decreto 1578/2008, establece dos tarifas reguladas para el caso de las instalaciones solares fotovoltaicas, que dependen de la potencia a instalar, y de la ubicación. Las instalaciones del

tipo I son aquellas que están ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas, cerradas, hechas de materiales resistentes, dedicadas a usos residencial, de servicios, comercial o industrial, incluidas las de carácter agropecuario. O bien, instalaciones que estén ubicadas sobre estructuras fijas de soporte que tengan por objeto un uso de cubierta de aparcamiento o de sombreamiento, en ambos casos de áreas dedicadas a alguno de los usos anteriores, y se encuentren ubicadas en una parcela con referencia catastral urbana. Las instalaciones I.1 son las de potencia inferior o igual a 20 kW, cuyo precio de venta de la energía es de 0.34 €/kWh y las del tipo I.2 son las de potencia superior a 20 kW, cuyo precio de venta de la energía es de 0.32 €/kWh. Esta nuevo Real Decreto también establece como instalaciones del tipo II aquellas que no se incluyan en ninguno de los casos citados anteriormente, cuyo precio de venta de la energía es de 0.32 €/kWh.

Teniendo en cuenta el nivel de potencia que se puede instalar en cada tipo de instalación, se han obtenido los siguientes resultados de rentabilidad de cada una de las instalaciones considerando que todas ellas se financian en 15 años, y de las tarifas de venta de la energía (tabla 4.3) que han regulado el sector según el RD vigente en cada momento.

Para el caso del precio de venta de la energía de 0.34 €/kWh que establece el RD 1578/2008, se ha considerado que el coste del terreno es nulo.

	F	1P	1PC	1A	1AC	2	2C
N=15. Precio 0,32 €/kWh	-11,71	-7,61	4,80	-8,19	3,03	-9,51	2,27
N=15. Precio 0,34 €/kWh	-6,96	-2,29	10,71	-2,92	8,85	-4,37	7,98
N=15. Precio 0,44 €/kWh	15,78	21,02	37,46	20,21	35,09	18,19	33,83

Tabla 3. Rentabilidad de las instalaciones según RD vigente.

Se puede observar la gran diferencia en cuanto a rentabilidad que se obtenía en una situación cercana, pero no presente, dadas las tarifas de venta de la energía que establecía el RD 661/2007, y la rentabilidad que actualmente se obtiene con las tarifas establecidas en el RD 1578/2008. Con el RD 661/2007, todas las instalaciones solares fotovoltaicas eran viables. En la actualidad, sólo las instalaciones con seguimiento solar y un sistema de baja concentración solar V-trough son rentables. Y para el caso de las instalaciones del tipo I.1 que establece el nuevo Real Decreto, éstas son más rentables que las del tipo I.2 ó II.

4.2.3.- Rentabilidad dependiendo del tipo de financiación y tipo de instalación.

La tabla 4.4, muestra la rentabilidad obtenida con instalaciones el tipo I.1 y I.2 según sean financiadas al completo o en un 80 % del valor de su coste total. Para el caso de las instalaciones del tipo I.1 se ha considerado un coste del terreno nulo.

	F	1P	1PC	1A	1AC	2	2C
Tipo I.1 Financiado: 100 %	-6,96	-2,29	10,71	-2,92	8,85	-4,37	7,98
Tipo I.1 Financiado: 80%	1,44	6,11	19,12	5,49	17,26	4,03	16,39
Tipo I.2 Financiado: 100 %	-11,71	-7,61	4,80	-8,19	3,03	-9,51	2,27
Tipo I.2 Financiado: 80%	-3,31	0,80	13,21	0,21	11,44	-1,10	10,68

Tabla 4. Rentabilidad de las instalaciones solares fotovoltaicas en función de la financiación

Se puede observar claramente que las instalaciones con seguimiento solar y un sistema de baja concentración solar son, en la actualidad, las más rentables. Además, dentro de todas estas se observa

que una variación de un 20% en la cantidad financiada repercute significativamente en la rentabilidad que se obtiene en cada una de ellas.

5.- Conclusiones

- En cuanto a producción energética de las instalaciones solares fotovoltaicas, el orden de mayor a menor producción en cada una de ellas es el siguiente: 2C, 1PC, 1AC, 2, 1P, 1A, F.
- Independientemente de las condiciones particulares, y siempre y cuando sean las mismas para todos los tipos de instalaciones (precio de venta de la energía, situación geográfica de la instalación, pérdidas, vida útil o coste del terreno entre otras), el orden de mayor a menor relación beneficio-inversión obtenida para un mismo nivel de inversión será: 1PC, 1AC, 2C, 1P, 1A, 2, F.
- Para un mismo nivel de potencia considerado el orden anterior cambia. Las instalaciones con seguimiento a dos ejes son más rentables que las instalaciones con seguimiento a un eje, y cuando tienen un sistema de baja concentración solar *V-trough*, también lo son más que las instalaciones con seguimiento a un eje azimutal con concentración.
- Instalaciones solares fotovoltaicas con la misma potencia, con un sistema de seguimiento y baja concentración solar basado en una cavidad V-trough, serán siempre económicamente las más viables.

Los precios de venta de energía solar fotovoltaica establecidos con el nuevo Real Decreto 1578/2008, hacen que los sistemas fotovoltaicos en la manera que se han venido desarrollando hasta ahora, dejarán de ser rentables en una gran cantidad de casos. Es por ello, que la utilización de sistemas fotovoltaicos con baja concentración solar, presentan una alternativa viable, ya que compensan el decremento del precio de venta de la energía con el aumento de producción energética.

6.-Referencias

[1] Collares-Pereira, M. y Rabl, A. : The average distribution of solar radiation correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values. Solar Energy, Vol. 22, pp. 155-164, 1979.

[2] Abella, A.; Chenlo, F. CIEMAT. Estimación de la Energía Generada por un Sistema Fotovoltaico Conectado a Red. 2006

[3] Perpiñan Lamigueiro, Oscar. Grandes Centrales Fotovoltáicas: Producción, Seguimiento y Ciclo de vida. Tesis Doctoral. 2007. U.N.E.D.

[4] Perpiñan, O., Lorenzo, E. y Castro, M.A., Estimación de sombras mutuas entre seguidores y optimización de separaciones, Era Solar, 131:28-35, 2006

[5] Garcia, N; Ruiz, J.M. Optical Performance Analysis of V-trough PV Concentrator. Prog. Photovolt: Res. Appl. (2008)

[6] Fraidenraich, N. Design Procedure of V-trough Cavities for Photovoltaic Systems. Prog. Photovolt. Res. Appl., 6, 43-54 (1998).

Herramientas software de ingeniería para el análisis y diseño de instalaciones solares

F.J. Casares de la Torre [1], J. Ramírez-Faz [2] , R. López-Luque [3]

[1] Dpto. de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Córdoba, Edificio Leonardo DaVinci. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. E-mail: casares@uco.es

[2] Grupo de Investigación de Física para las Energías y Recursos Renovables, Dpto. de Física Aplicada. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. rafael.lopez@uco.es

Abstract: In this work a solar function collection is presented. The functions are fully operative in MS-Excel under the worksheet Solarnet. This library documented and deeply explained. This a useful tool for technicians is free in www.solarnet.es

Keywords: Open Software, Solar functions library

1.- Introducción

La tendencia de crecimiento que viene experimentando el sector de aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y, en concreto, de la Energía Solar en los últimos años, hace que exista en una creciente demanda de técnicos cualificados. Paralelamente, éstos requieren de herramientas hardware y software, adecuadas a un tipo de trabajo, cada vez, más especializado y con problemas concretos, cada vez menos generalizables [1][2]. Aunque, efectivamente, existe un mercado creciente de aplicaciones informáticas que permiten el tratamiento de problemas genéricos, no se encuentran herramientas de ayuda a problemas concretos.

En este trabajo se presenta el entorno SOLARNET. Se trata de una colección de 93 funciones y macros escritas en Visual Basic para Aplicaciones [3] diseñadas para funcionar bajo el soporte de MS-Excel y que se han documentado en un manual de usuario [4]. En el manual de usuario se presentan, a título de ejemplo de uso de las funciones, 30 casos prácticos de utilización, cuya resolución se detalla minuciosamente. Se ha escogido el entorno de Excel , por tratarse de un programa de manejo intuitivo, ampliamente extendido entre técnicos , y que soporta un amplio conjunto de funciones matemáticas. Al cargar SOLARNET, el usuario dispondrá, de un amplio conjunto de funciones y subrutinas de cálculo de valores necesarios tanto para el conocimiento como para el dimensionado de instalaciones basadas en energía solar.

Las hojas de cálculo se han diseñado para la resolución de problemas más complejos o de eminente interés práctico, tal como el dimensionado numérico de instalaciones térmicas o fotovoltaicas. El hecho de que en estas hojas los problemas se puedan resolver paso a paso y utilizando unas ecuaciones de fácil consulta dota al programa de una gran flexibilidad y claridad, al tiempo que el usuario podrá introducir fácilmente las modificaciones que considere oportunas.

SOLARNET, no debe ser considerado como un conjunto cerrado de problemas resueltos sino como "caja de herramientas" capaz de potenciar las capacidades de Excel 7, programa de propósito general, hasta convertirlo en un soporte cómodo y potente de cálculo en el ámbito de las energías renovables.

2.- Colección de funciones.

La colección de funciones se han programado en Visual Basic para Aplicaciones. La figura 1 muestra la pantalla de desarrollo. Igualmente, muestra la codificación de una de las funciones. Se puede comprobar el elevado grado de documentación introducida como comentarios (líneas en verde) dentro del código. Los códigos fuentes de las funciones se encuentran accesibles en la pantalla de VBA, a la que se accede mediante la pulsación de la combinación: *Alt-F11* . De esta manera, diferentes usuarios con conocimientos de programación, podrían ampliar la biblioteca de funciones incluso seguir paso a paso la ejecución de cálculos complejos.

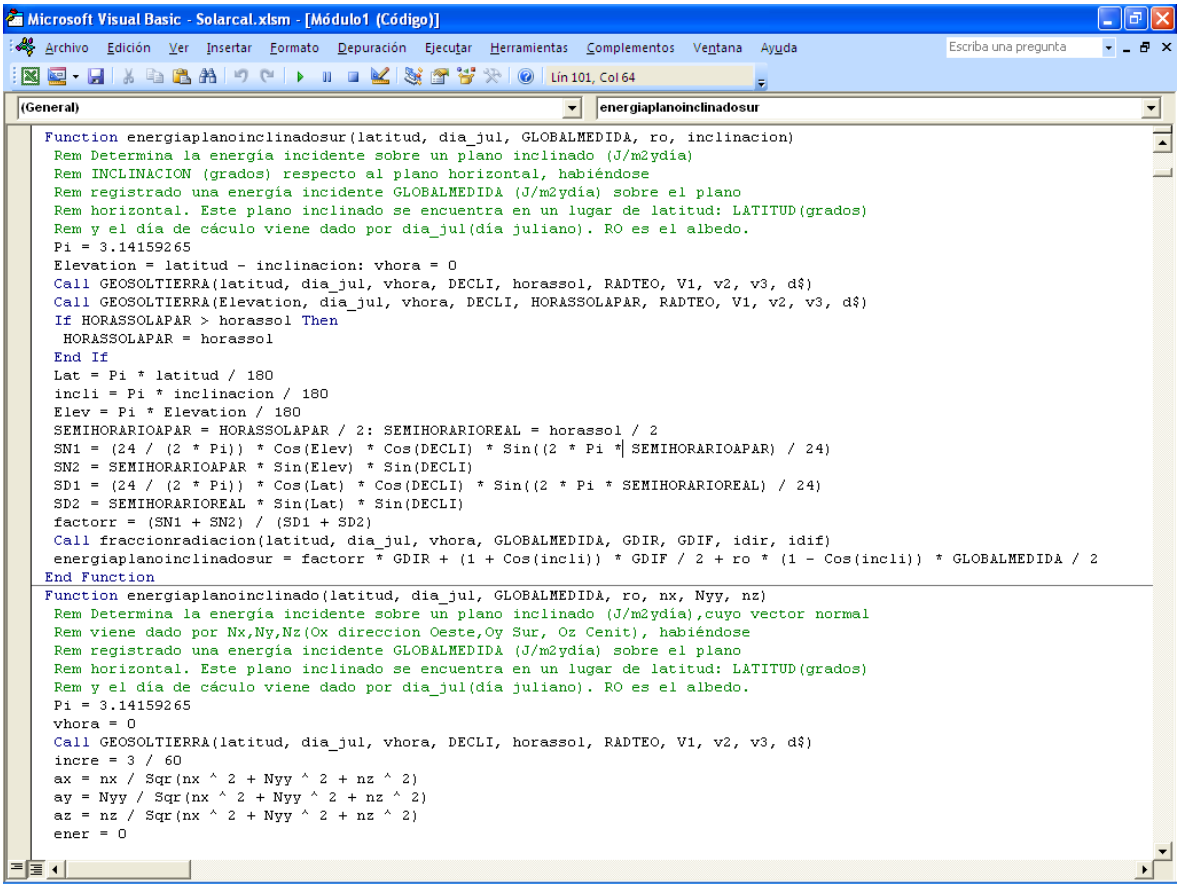


Fig.1. Pantalla de código.

Se ha habilitado una hoja sólo dedicada a listado y ayudas de cada una de las funciones implementadas. La figura 2 muestra una captura de la hoja de ayudas. En ella se muestra como las funciones se han clasificado por epígrafes y como tras cada título de función (línea azul) se da una detallada descripción de las variables de entrada y las unidades en que se han de dar las magnitudes físicas.

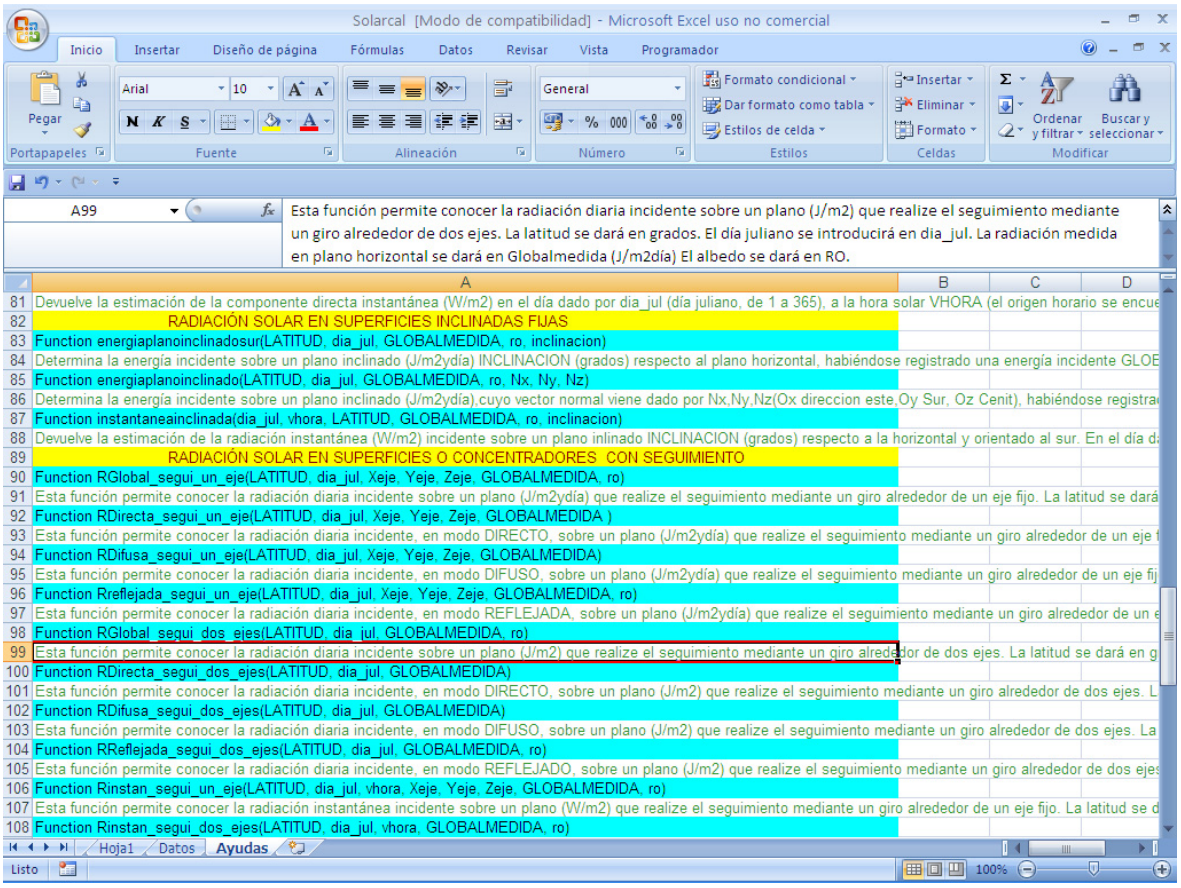


Fig.2. Pantalla de listado y ayuda de funciones.

3.- Desarrollo de un caso práctico.

Con objeto de ilustrar la utilización de la biblioteca se muestra detalladamente la resolución de un caso práctico cuyo enunciado es:

Determinar el ángulo con que se debe inclinar un colector orientado al sur y situado en Córdoba,, para que anualmente reciba la máxima energía. Considérense las posibilidades:

- *Doce inclinaciones de duración mensual.*
- *Dos inclinaciones al año: una para otoño-invierno y otra para primavera-verano.*
- *Una única inclinación para todo el año.*

Paso	Celdilla	Operación	Paso	Celdilla	Operación
1	A1	Latitud =	7	D4	Febrero
2	B1	37.85	8	E4	Marzo
3	A2	Longitud =	9	F4	Abril
4	B2	4.48	10	G4	Mayo
5	B4	Mes =	11	H4	Junio
6	C4	Enero	12	I4	Julio

Paso	Celdilla	Operación	Paso	Celdilla	Operación
13	J4	Agosto	33		Seleccionar las celdillas C9..C17 y copiarlas en el intervalo D9..N17
14	K4	Septiembre	34	C18	Tabla de Radiación en los días representativos del mes según ángulos
15	L4	Octubre	35	C20	Nº de día en el mes
16	M4	Noviembre	36	C20	31
17	N4	Diciembre	37	D20	28
18	B5	Nº de mes:	38	E20	31
19	C5	1	39	F20	30
20	D5	=C5+1	40	G20	31
21		Seleccionar la celdilla D5 y copiarla en el intervalo E5..N5	41	H20	30
22	B6	Día Jul. Represen.:	42	I20	31
26	A8	0	43	J20	31
27	A9	=A8+10	44	K20	30
28		Seleccionar la celdilla A9 y copiarla en el intervalo A10..A17	45	L20	31
29	C8	=VALORCLIMATICO("RAD";B1;B2;C5)	46	M20	30
30		Seleccionar la celdilla C8 y copiarla en el intervalo D8..N8	47	N20	31
31	C9	=ENERGIAPLANOINCLINADOSUR (B1;C$6; C$8;B3; $A9)	48	A21	Ang.Inclinación (º)
32		Seleccionar la celdilla C9 y copiarla en el intervalo C10..C17	49	A22	0
33		Seleccionar las celdillas C9..C17 y copiarlas en el intervalo D9..N17	50	A23	=A22+10

Paso	Celdilla	Operación	Paso	Celdilla	Operación
51		Seleccionar la celdilla A23 y copiarla en el intervalo A24..A31	62	D37	0
52	C22	=C8*C$20	63	D38	=D37+10
53		Seleccionar la celdilla C22 y copiarla en el intervalo C23..C31	64		Seleccionar la celdilla D38 y copiarla en el intervalo D39..D45
54		Seleccionar las celdillas C22..C31 y copiarlas en el intervalo D22..N31	65	E37	=SUMA(C22:E22)+SUMA(L22:N22)
55	C32	Tabla de Radiación en los meses según ángulos	66		Seleccionar la celdilla E37 y copiarla en el intervalo E38..E45
56		En cada columna de la tabla C22..N31 se marcará con un color diferente el valor del máximo de la columna. Estas celdillas marcan el ángulo óptimo en cada mes, con lo que queda resuelto el primer apartado.	67		Seleccionar la celdilla D38 y copiarla en el intervalo D39..D45
57		En cada columna de la tabla C22..N31 se marcará con un color diferente el valor del máximo de la columna. Estas celdillas marcan el ángulo óptimo en cada mes, con lo que queda resuelto el primer apartado.	68	E37	=SUMA(C22:E22)+SUMA(L22:N22)
58	D35	Dos inclinaciones al año:	69		Seleccionar la celdilla E37 y copiarla en el intervalo E38..E45
59	D36	Ang. Inclinac. (º)	70	F37	=SUMA(F22:K22)
60	E36	E. Incid.Inv(J/m^2)	71		Seleccionar la celdilla F37 y copiarla en el intervalo F38..F45
61	F36	E. Incid.Ver(J/m^2)	72		En cada columna de la tabla E37..F45 se marcará con un color diferente el valor del máximo de la columna. Estas celdillas marcan el ángulo óptimo en cada semestre, con lo que queda resuelto el segundo apartado.

Paso	Celdilla	Operación	Paso	Celdilla	Operación
73	A35	Una inclinación anual:	80		Seleccionar la celdilla B37 y copiarla en el intervalo B38..B45
74	A36	Ang. Inclinac. (º)	81		En la columna B37..F45 se marcará con un color diferente el valor del máximo de la columna. Estas celdilla marcan el ángulo óptimo en caso de una única inclinación anual.
75	B36	E. Incid.Año(J/m^2)	82		Seleccionar la celdilla A38 y copiarla en el intervalo A39..A45
76	A37	0	83	B37	=SUMA(C22..N22)
77	A38	=A37+10	84		Seleccionar la celdilla B37 y copiarla en el intervalo B38..B45
78		Seleccionar la celdilla A38 y copiarla en el intervalo A39..A45	85		En la columna B37..F45 se marcará con un color diferente el valor del máximo de la columna. Estas celdilla marcan el ángulo óptimo en caso de una única inclinación anual.
79	B37	=SUMA(C22..N22)			

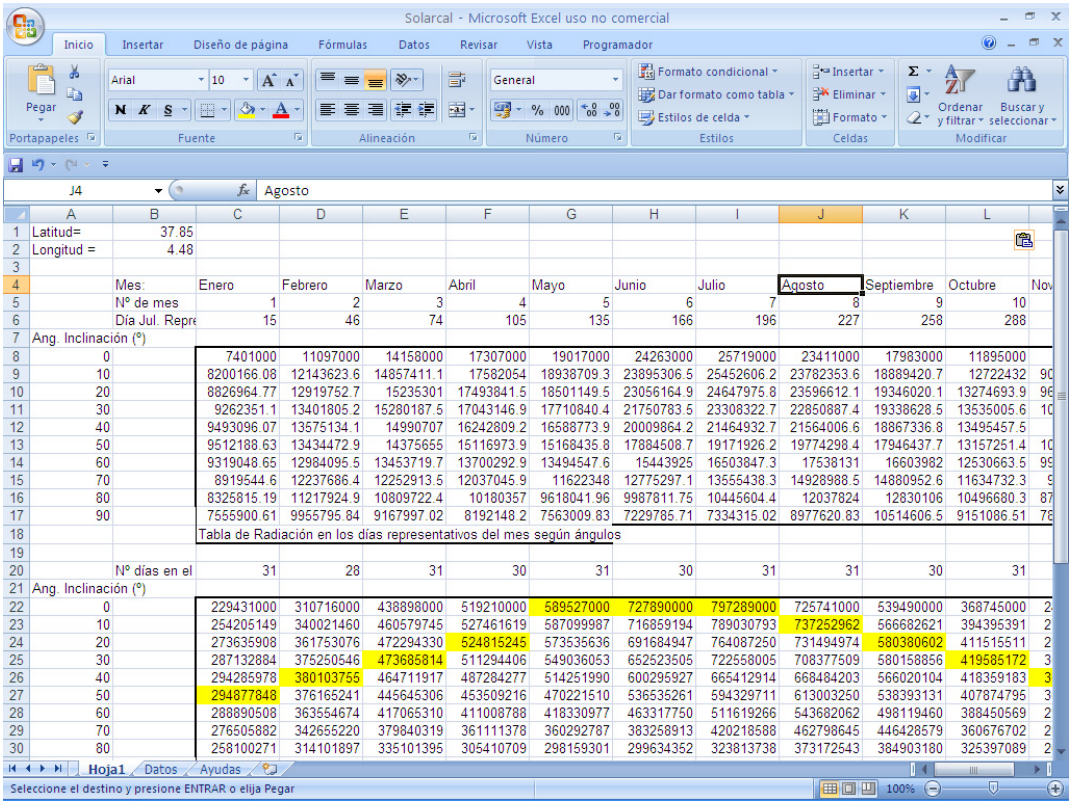


Fig.3. Pantalla de resultados

4. Discusión

La herramienta desarrollada y la metodología expuesta, al ser de carácter abierto, han dado lugar a una alta tasa de aceptación. Podemos utilizar como indicador el número de descargas de la hoja ¨SOLARNET" en los últimos seis meses, que ha sido de 64. No obstante, ya son previsibles determinadas mejoras como son la ampliación de la colección de funciones que abarquen otros temas además de la energía solar. También resulta necesario completar la base de datos climática.

5.-Referencias

[1] J.D. Aguilar et al, "Sitio Web como herramienta de apoyo a la docencia de sistemas fotovoltaicos", VI Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, Valencia 2004.

[2] G. Nofuentes, G. Almonacid y F. Polaina "Calensof: un Software destinado a la docencia y dimensionado de sistemas fotovoltaicos conectados a red", I Certamen Iberoamericano y III Congreso de Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electrónica, Madrid, 1998.

[3] Microsoft Corporation(1994). Manual de usuario de Visual Basic. Microsoft Excel.

[4] SOLARNET. Manual de usuario V1.0. 2010. www.solarnet.es

Análisis de la influencia de los coeficientes de temperatura normalizados de los módulos PV en el diseño de generadores fotovoltaicos autónomos

Casares de la Torre, F.J.[1]; Ramírez Faz, J.[2] ,;López Luque, R.[3]

[1] Dpto. de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Córdoba, Edificio Leonardo DaVinci. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. E-mail: casares@uco.es

[2] Grupo de Investigación de Física para las Energías y Recursos Renovables, Dpto. de Física Aplicada. Campus de Rabanales, 14071 Córdoba, Spain. rafael.lopez@uco.es

Abstract. The temperature coefficients normalized by IEC 61646:2005 are normally determined and given by the PV modules manufacturers. These coefficients are necessary for assessing the fluctuations of characteristic curve i-u (electrical intensity versus voltage) depending on solar irradiance and cells temperature. Influences of these two parameters on final performance results for long time simulation are shown in this work. Some design conclusions can be derived from the above mentioned simulations.

Keywords: Módulos fotovoltaicos, característica i-u, Coeficientes de Temperatura.

1. Introducción.

En los últimos años se ha producido un incremento exponencial de las instalaciones solares fotovoltaicas, tanto autónomas como conectadas a red, paralelamente los programas de simulación y ayuda al diseño de estas instalaciones son cada vez más completos y detallados. La energía generada por una Instalación Solar Fotovoltaica (I.S.F.), depende de variables climáticas tales como la radiación (G) y la temperatura (T_a) debido a la variación de la característica i-u de la I.S.F. con estas variables. Para poder predecir cuanta energía podemos obtener durante su funcionamiento diario, de la forma mas precisa posible, es necesario modelar las curvas para diferentes pares (G, T_a) en diferentes momentos del día y con estas poder simular el funcionamiento diario del sistema.

Para estimar la curva característica i-u de un modulo fotovoltaico a una temperatura (T_{CEL}) y radiación solar (G) existentes en un momento determinado se debe conocer como varia la tensión a circuito abierto, $U_{OC,}$ y la intensidad de cortocircuito, I_{SC}, con T_{CEL} y G. Estas variaciones pueden expresarse como:

$$I_{SC} = I_{SC_N} \frac{G}{G_N}(1+\alpha(T_{CEL} - T_{CEL_N})) \quad (1)$$

$$U_{OC} = U_{OC_N} + \beta(T_{CEL} - T_{CEL_N}) + \nu_T \ln(I_{SC} / I_{SC_N}) \quad (2)$$

donde: los subíndices "N" indican valores en condiciones nominales según IEC:61215:2005 [1]; vT es el potencial térmico; α y β son los coeficientes de variación con la temperatura normalizados de ISC y UOC determinados según IEC:61215:2005. Estos coeficientes se suponen constantes para todo el rango de temperatura y radiación en el que trabajan los módulos fotovoltaicos (PV) sin concentración [2][3], pero son diferentes para cada modulo.

Sin embargo, ante una simulación hecha por ordenador nos cabe preguntar: ¿Qué valores entramos en la simulación, los determinados según norma y suministrados por el fabricante del módulo, o habría que medir directamente en el sistema?.

Habría que estudiar los coeficientes de temperatura para módulos montados sobre estructuras y expuestos a las condiciones ambientales para poder realizar su simulación en las condiciones de utilización, serian los coeficientes "efectivos" o "aparentes" [4]. Ahora bien, la diferencia entre los coeficientes "efectivos" y los "verdaderos" dependen del diseño del modulo, siendo esta muy pequeña para los módulos comunes del mercado [5].

La elección de unos paneles lógicamente lleva implícito sus coeficientes individuales, pero si no conocemos estos, ¿podríamos suponer unos coeficientes y obtener un resultado en el diseño, con suficiente precisión? ¿La dispersión de estos coeficientes afecta a los resultados?.

2. Análisis de la influencia de α y β en el diseño de I.S.F. autónomas.

A partir de una base de datos de 834 módulos PV de silicio monocristalino (Si-m) y policristalino (Si-P) de diferentes fabricantes, se ha observado que estos coeficientes tienen una gran variabilidad, ver tabla 1.

Coeficiente de intensidad-temperatura α		
Valor Máximo	37,4976 $\mu A \cdot K^{-1}/cm^2$	0,00105 K^{-1}/célula
Valor medio acotado (porcentaje 0,2)	15,8476 $\mu A \cdot K^{-1}/cm^2$	0,00051 K^{-1}/célula
Valor Mínimo	6,1244 $\mu A \cdot K^{-1}/cm^2$	0,00019 K^{-1}/célula
Coeficiente de tensión-temperatura β		
Valor Máximo	- 0,1808 $V \cdot K^{-1}$/célula	- 0,003742 K^{-1}/célula
Valor medio acotado (porcentaje 0,2)	- 0,1189 $V \cdot K^{-1}$/célula	- 0,002096 K^{-1}/célula
Valor Mínimo	- 0,0697 $V \cdot K^{-1}$/célula	- 0,001478 K^{-1}/célula

Tabla 1. Valores máximos y mínimos de los coeficientes de temperatura normalizados de la base de datos disponible de paneles fotovoltaicos comerciales.

Se escoge una célula de características eléctricas y térmicas medias de los paneles comparados (ver tabla 2) y obtenemos las características de tres paneles con diferente número de células en serie: 30, 33 y 36 para poder realizar la simulación con ellos.

I_{SC}: 3,4 A	P_{MAX} : 1,512 W
U_{OC} : 0,6 V	I_{mp} : 3,15 A ; U_{mp} = 0,48 V

Tabla 2. Características eléctricas de las células de los paneles con los que se realizara la simulación.

Se realizan simulaciones variando α y β (desde sus valores máximo a minino) para obtener la característica P-U de los tres paneles a diferentes irradiaciones (200-1000 W/m^2) y temperatura de células (20-70ºC). Estas primeras simulaciones permiten acotar los resultados de potencia resultante. Se observa, como era de esperar, que el coeficiente β si influye bastante en la potencia obtenida de los sistemas fotovoltaicos para unas condiciones de radiación, temperatura y tensión de corte. Se ha observado también, que si las temperaturas se acercan a 25 ºC, la dispersión es pequeña. Para altas temperaturas de células y a más alta tensión de trabajo de panel más dispersión en la potencia, incluso se ha observado desviaciones de potencia del 50 % para unas tensiones de trabajo determinadas y numero de células en serie. La incertidumbre de esta situación nos podría hacer pensar que la caracterización de los módulos fotovoltaicos debe ser la mas precisa posible pues los resultados obtenidos pueden variar bastante.

Pero lo que nos interesa es cuanto puede variar la energía diaria obtenida de una I.S.F. ante la dispersión de esta variación de α y β, sobre todo para los días de diseño de estas instalaciones. Para determinar esta variación se ha realizado simulaciones de días representativos de diferentes lugares y se ha analizado el resultado viendo la importancia de estos parámetros y poder así obtener conclusiones para ayudarnos en la simulación de estos sistemas.

2.1.- Consideraciones para la simulación del sistema.

- Se realiza el cálculo de energía solo para los 12 días típicos del año y para diferentes inclinaciones del modulo. La orientación es fija, dirección sur.

- Se divide el día típico del mes en periodos de t minutos, concretamente t=10 minutos, y se realiza el calculo de la potencia generada por el modulo para cada tensión de funcionamiento.

- Para el cálculo de la energía diaria a partir de los valores de potencia se usa la siguiente aproximación:

$$E_U = \int_{día} P(t)\, dt = \sum_{j=1}^{N} (P_j \cdot \Delta t) \qquad (3)$$

donde E es la energía diaria obtenida del modulo suponiendo que este funciona a una tensión constante, U, durante el día; $P(t)$ es la potencia que se genera a esa tensión en el instante central del periodo considerado y N es el numero de periodos en el que se ha dividido el día.

- Para calcular la característica i-u del modulo, se necesita los pares (G,T_{CEL})

La temperatura del panel en un instante determinado se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T_{CEL} = T_a + \frac{T_{NOC} - 20}{800} G \quad (4)$$

Siendo T_{NOC} la temperatura nominal de operación dada en la norma IEC 6125:2005. La temperatura ambiente, T_a, se calculara a partir de los registros de temperatura máxima, T_{aM}, y mínima, T_{am}, diaria, el modelo de cálculo utilizado se basa en los siguientes criterios:

- La temperatura mínima, T_{am}, ocurre al amanecer.
- La temperatura máxima, T_{aM}, ocurre dos horas después del mediodía solar.
- Entre estos dos tiempos, la temperatura ambiente se desarrolla de acuerdo a dos semiciclos de una función coseno; una antes del mediodía solar y otra después y hasta amanecer del día siguiente.

La radiación incidente en el panel, G, en un instante determinado se estimara a partir del modelo anisotropico de Hay [6], para el cual necesitamos la radiación horizontal instantánea y esta se calculara a partir de la radiación media mensual diaria de la localidad siguiendo el método propuesto por Collares-Pereira y Rabl [7].

3.- Resultados de la simulación.

A lo largo de un día, la curva característica P-U propia de una instalación es variable dependiendo de la radiación solar y de la temperatura ambiente, es por ello, que se ha simulado el funcionamiento del sistema a la largo del día suponiendo la tensión constante y se han obtenido diferentes graficas P-U para los días medios del mes de diferentes localidades. En la grafica 1 se muestran dos días representativos de la localidad de Córdoba. Se puede observar la energía obtenida por el panel, con diferentes valores de los coeficientes de temperatura, difieren muy poco para el día 15 del año tipo (día de invierno). Se puede determinar que para el día 181 (verano) del año tipo la dispersión de los resultados puede llegar al 33% para algunas tensiones de trabajo.

4.- Conclusiones.

A partir de estas simulaciones, entre los intervalos de variación de los coeficientes de temperatura y para varias localidades de la península ibérica, se puede determinar que para las I.S.F. autónomas, donde se escoge como meses de diseño los de invierno, se puede suponer unos coeficientes perfectamente sin cometer errores apreciables.

Estos coeficientes pueden ser perfectamente lo valores medios de la base de paneles:

- Coeficiente de intensidad-temperatura α : 15,8476 $\mu A \cdot K^{-1}/cm^2$
- Coeficiente normalizado α: 0,00051 K^{-1}/célula
- Coeficiente de tensión-temperatura β: - 0,002096 K^{-1}/célula

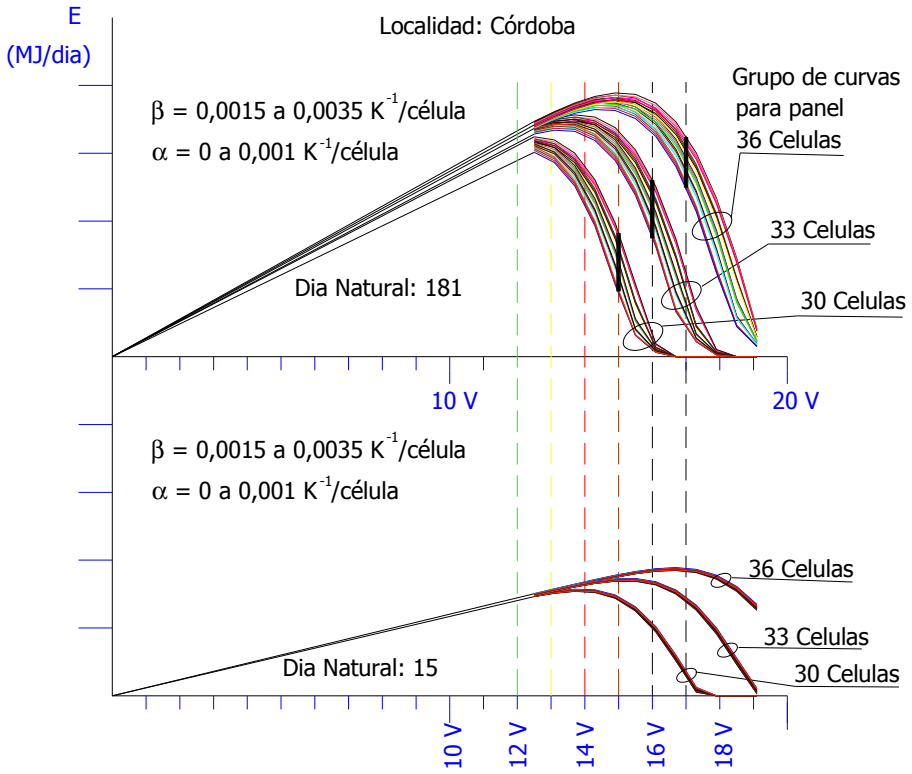


Figura 1. Energía obtenida por panel en dos díass representativos de la localidad de Córdoba.

5. Referencias.

[1] IEC 61215:2005 *Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules - Design qualification and type approval.*

[2] Solar America Board for Codes and Standards. "*Photovoltaic module power rating IEC 61853-1 standard: A study Under Natural Sunlight*". 2010.

[3] Coors, S. y Bohm, M.: *Application of the two-exponential model to connection procedures for silicon solar cells*. Proceedings Eurosun'96, Solar World Congress, Tomo 2, pp. 614-618, 1996.

[4] King, D. L.; Kratochvil, J. A. y Boyson,W. E.: *Temperature coefficients for PV modules and arrays: Measurement methods, difficulties, and results*. Proceedings 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 29 Septiembre -3 Octubre, 1997, Anaheim, California 1997b.

[5] King, D.L.: *Photovoltaic module and array performance characterization methods for all system operating conditions*. Proceedings of NREL/SNL Photovoltaics Program Review Meeting, 18-22 Noviembre 1996, pp. 347-368. Lakewood, CO, AIP Press, New York, 1997a.

[6] Hay, J. E. y Davies, J. A.: *Calculation of the solar radiation incident on an inclined surface*. Proceedings first Canadian Solar Radiation data Workshop, pp. 59-72, 1980.

[7] Collares-Pereira, M. y Rabl, A. : *The average distribution of solar radiation correlations between diffuse and hemispherical and between daily and hourly insolation values*. Solar Energy, Vol. 22, pp. 155-164, 1979b.

Study of the releasing of soluble COD in sewage sludge using pretreatments

F. Pita, M. Pérez

Department of Environmental Technologies, Faculty of Sea and Environmental Sciencies, University of Cádiz, 11510 Puerto Real, Cádiz, Spain. E-mails: fernando.pita@uca.es ; montserrat.perez@uca.es

Abstract.

The influence of different types of pretreatments had been evaluated to establish their effect on the suitability for soluble chemical oxygen demand realising from mixed sewage sludge (combination of primary and activated sludge).

Four different pretreatments (thermal shock, aeration, NaOH and 2-bromoethanesulfonic acid) were chosen to compare their effectiveness in the releasing of organic matter into the soluble fraction to be harvested in the biohydrogen production by anaerobic digestion of mixed sewage sludge. The maximum release of soluble COD were observed in the treatments carried out with NaOH and 2-bromoethanesulfonic acid with an increasing of 49.5 and 44.4% respectively.

Keywords: COD, soluble, pretreatment, sewage sludge.

1. Introducción.

Las energías limpias y renovables están ganando en importancia debido a la creciente demanda energética y a los consabidos efectos de los combustibles fósiles en el calentamiento global. El hidrógeno es una de las más importantes fuentes de energía del futuro. Los altos costes de la generación de hidrógeno de manera industrial son una motivación para investigar nuevas formas de producción.

Según los datos facilitados por en el Plan Nacional Integrado de Residuos en el que se integra el II Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales – EDAR II PNLD (2007-2015), la producción de lodos provenientes de estaciones depuradoras de aguas residuales alcanzó en el año 2007 a un total de 1.169.000 toneladas de materia seca, de los cuáles el 65% se destinaron a uso agrícola.

Cabe destacar los objetivos cuantitativos de este plan:

- Valorización en usos agrícolas de al menos el 70% de los lodos de depuradora antes del 2011.
- Valorización energética de un 15% como máximo antes de 2011.
- Depósito en vertedero de un máximo de un 15% antes de 2011.
- Correcta gestión ambiental del 100% de las cenizas de incineración.

Debido a que la gestión de los lodos de depuradora producidos en las plantas de tratamiento de aguas residuales supone un elevado coste de gestión, se pretende convertir estos residuos en un recurso para la generación de hidrógeno, dándole un valor añadido y cumplir el objetivo de la valorización energética.

Para ello, se aplicarán distintos tratamientos previos a los lodos de depuradora para aumentar la productividad de hidrógeno, generando residuos utilizables para obtener biogás, así como su aplicación al terreno.

Los procesos biológicos tienen la ventaja de un menor coste energético que los procesos térmicos y están especialmente recomendados para el tratamiento de residuos con un alto contenido en humedad.

La producción de hidrógeno en los reactores anaerobios se debe a la presencia de bacterias de los géneros *Enterobacter* y *Clostridium*, que cuentan con la capacidad de formar estructuras de resistencia ante condiciones adversas como cambios de pH y de temperatura, presencia de inhibidores químicos y condiciones oxidantes.

Este estudio examina la influencia de diferentes pretratamientos en el incremento de la fracción soluble de la demanda química de oxígeno en los lodos mixtos de EDAR para la producción de biohidrógeno.

2. Materiales y métodos

Los ensayos se llevaron a cabo en lotes en los que se incluyó una muestra de control para incorporar las posibles variaciones asociadas a la degradación de los lodos utilizados. La temperatura de incubación fue termofílica (55ºC). Las muestras de lodos fueron analizadas desde el inicio del ensayo con una periodicidad de 6 horas hasta la conclusión del mismo, a las 36 horas de estudio. Los parámetros fueron: demanda química de oxígeno soluble (DQOs), sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV),

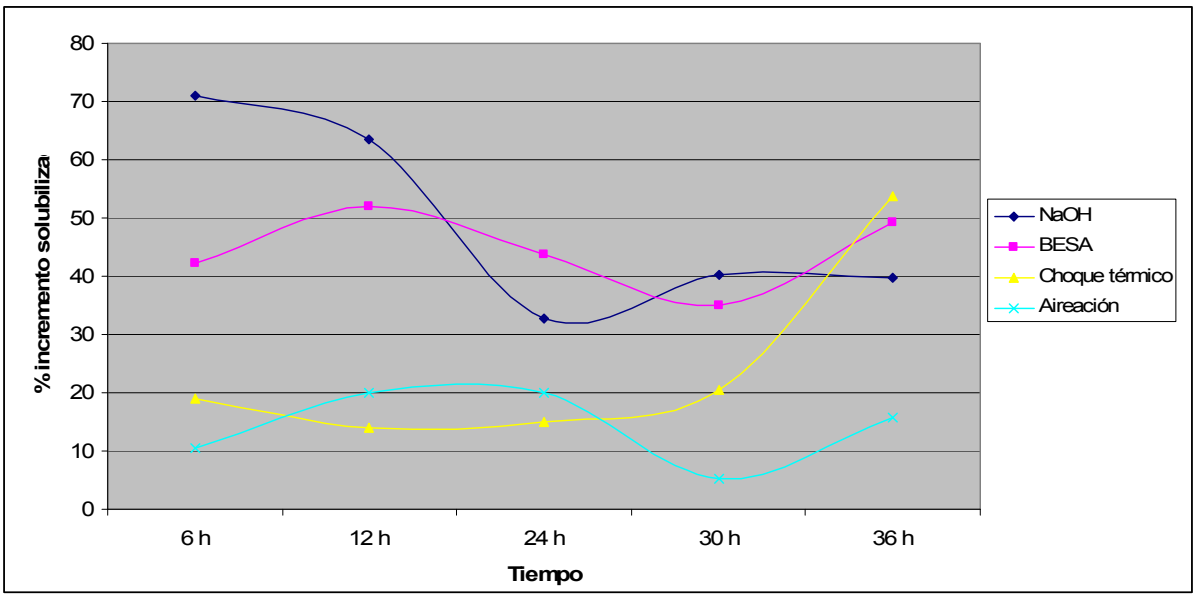
El tratamiento con NaOH se llevó a cabo ajustando el pH de los lodos aproximadamente a 10 puntos y temperatura ambiente. El choque térmico se llevó a cabo hirviendo los lodos mixtos durante 15 minutos. El ácido 2-bromoetanosulfónico (BESA) se mezcló y se mantuvo a temperatura ambiente durante 30 minutos. La aireación prolongada durante 24 horas se llevó a cabo mediante una bomba de aire con un caudal nominal de 2,25 L/minuto.

3. Resultados

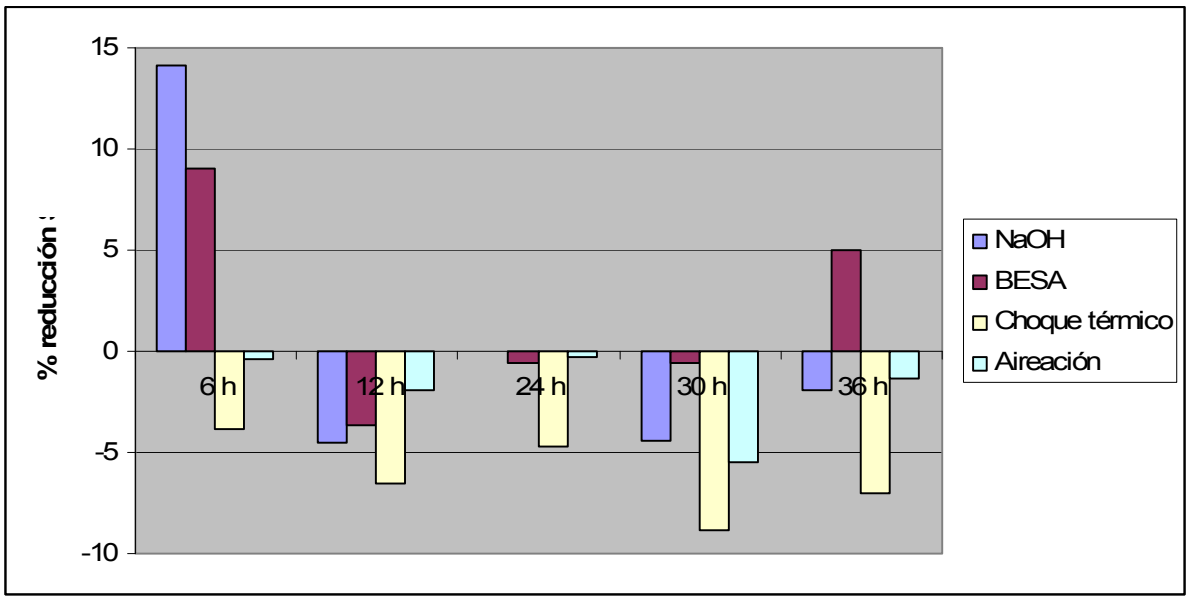
Los análisis realizados mostraron que para todos los pretratamientos realizados los resultados fueron positivos en cuanto a la cantidad de materia orgánica liberada a la fracción soluble, si bien los mejores resultados se obtuvieron en el tratamiento llevado a cabo mediante la añadidura de NaOH, tal y como se muestra en la gráfica 1.

Como valor medio hallado en las muestras tratadas con álcali, el valor medio de incremento de la parte disuelta de la materia orgánica obtenido fue del 49,45%, mientras que para el tratamiento con ácido 2-bromoetanosulfónico fue del 44,41%. En cuanto a los valores registrados para el pretratamiento mediante choque térmico, el incremento medio observado fue del 24,49%, y del 23,80% para la aireación prolongada.

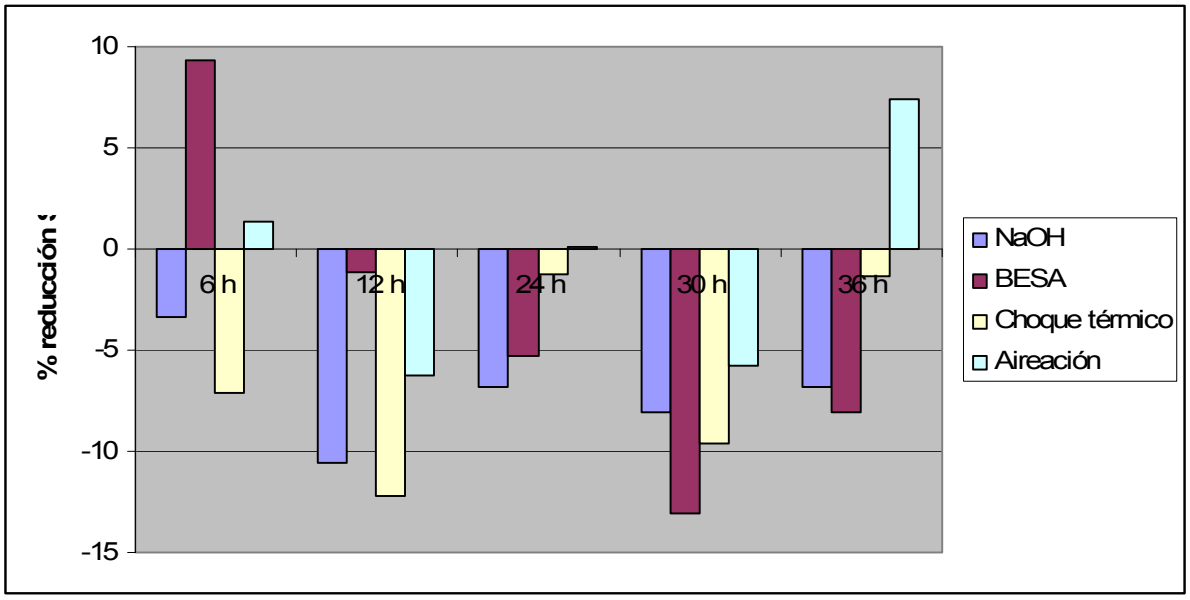
En cuanto a los sólidos totales y volátiles, las muestras tratadas con NaOH y ácido 2-bromoetanosulfónico revelaron un decreciemiento medio de ambos, que puede ser debida a la liberación de la materia orgánica proveniente de ambos tipos de sólidos a la vez que se produce también la lisis celular de gran parte de la microbiota presente. En este caso el contenido en sólidos volátiles se vió incrementado en un 0,7% para el tratamiento de choque térmico y un 9,8% para el tratamiento con aireación prolongada. La razón de ello es que ambos favorecen el crecimiento de los microorganismos presentes en el lodo mixto, donde se observó que dicha aireación es adecuada para el crecimiento de los microorganismos. Dichos resultados se presentan en las gráficas 2 y 3.



Gráfica 1. Evolución del incremento de la fracción disuelta de la materia orgánica.



Gráfica 2. Evolución del contenido en sólidos totales de la muestra.



Gráfica 3. Evolución del contenido en sólidos volátiles de la muestra.

4. Conclusiones.

Los pretratamientos realizados han demostrado ser efectivos a la hora de incrementar la fracción disuelta de la materia orgánica, y por lo tanto disponible para los microorganismos responsables de la generación de biogás, y más precisamente de biohidrógeno, dado que se favorece la hidrólisis, etapa limitante en la cadena de degradación de la materia orgánica. Los pretratamientos a modo individual y su combinación se presentan como base para el desarrollo de técnicas para la extracción de un recurso a partir de un residuo.

Agradecimientos.

Este proyecto fue financiado por el proyecto de I+D+i nº 148/PC08/3-04.3. del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino

Ground-Coupled Heat Transfer from Buildings: ASHRAE vs MEF Methods

J. Daniel Mena Baladés[1], Ismael Rodríguez Maestre[1], Ignacio Turias Domínguez[2], Pascual Álvarez Gómez[1]

[1] Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz, Avda. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España (jesusdaniel.mena@uca.es)
[2] Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos. Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España

Abstract. The problem of calculating transient heat transfer in concrete floor slabs is complicated due to ground coupling, which can require the numerical solution. In this paper we use finite-element model by using a commercial software (ANSYS-CFX), to calculate the transient heat transfer between concrete floor slab and ground. Transient heat transfer results from the model are compared with ASHRAE method. The variation in the initial condition of ground temperature is discussed.

Keywords: Heat transfer, slab-on-grade, ASHRAE method.

1. Introducción.

El modelado detallado de la transferencia de calor transitoria a través de las cimentaciones de hormigón de los edificios hacia el terreno necesita de esquemas de resolución mediante métodos numéricos ante la imposibilidad de obtener una solución analítica [1].

Aun así, promovido por la necesidad de considerar estos flujos de calor en los programas de simulación para la estimación energética de edificios se han desarrollado métodos simplificados. Uno de estos métodos, más extendidos e incorporados a dichos programas, es el propuesto por ASHRAE [2]. Se trata de un método simplificado, derivado de la técnica ITPE [3,4,5,6], usado internacionalmente para el cálculo de flujo de calor, perdido o ganado, por un edificio en contacto con el terreno a lo largo del tiempo.

Esta comunicación pretende estimar los errores que se introducen en dichos programas de simulación al utilizar dicho método simplificado. En primer lugar, se estudia la viabilidad del modelado mediante elementos finitos a través de un software comercial como es ANSYS-CFX. Se analiza el tratamiento de la condición de contorno en la superficie del terreno teniendo en cuenta todos los flujos de calor incidentes a partir del uso de ficheros meteorológicos. Se realiza un análisis de la influencia de la condición inicial impuesta en los resultados arrojados por el modelo. Por último, se realiza una cuantificación del error cometido para una serie de casos prácticos en función de los parámetros más característicos como los geométricos, propiedades físicas del terreno, propiedades de la estructura del edificio, o las propias condiciones meteorológicas.

2. Método simplificado: ASHRAE.

El método simplificado de ASHRAE [2] es un método usado internacionalmente para el cálculo del flujo de calor perdido o ganado por un edificio en contacto con el terreno, a lo largo del tiempo. El método usa una serie de ecuaciones sencillas [6] para el cálculo del flujo medio anual y de la amplitud en el flujo anual.

El método simplificado supone que el flujo medio anual (q_m) y la amplitud en el flujo anual (q_a) son función de una serie de parámetros como son: dimensiones de la losa, propiedades del suelo y propiedades del aislante. La conductividad del terreno es normalizada a través de cuatro parámetros (U_o, H, D, G). Para ello se usan las ecuaciones (1) a (4):

$$U_o = \frac{k_s \cdot P}{A} \qquad (1)$$

$$H = \frac{A}{P \cdot k_s \cdot R_{eq}} \qquad (2)$$

$$G = k_s \cdot R_{eq} \cdot \sqrt{\frac{\omega}{\alpha_s}} \qquad (3)$$

$$D = \ln\left[(1+H)\cdot\left(1+\frac{1}{H}\right)^{H}\right] \qquad (4)$$

Donde:

k_s = Conductividad térmica del suelo, W/(mK).

P = Perímetro de la losa de cimentación, m.

A = Área de la losa de cimentación, m^2.

α_s = Difusividad térmica del terreno, m^2/s.

ω = Frecuencia angular anual, rad/s.

R_{eq} = Resistencia térmica equivalente, $(m^2K)/W$.

Para aislantes colocados uniformemente debajo de la losa de cimentación, R_{eq} se calcula según la ecuación (5).

$$R_{eq} = R_f + R_i \qquad (5)$$

Donde:

R_f = Resistencia térmica de la losa, $(m^2K)/W$.

R_i = Resistencia térmica del aislante, $(m^2K)/W$.

A continuación, haciendo uso de las ecuaciones (6) y (7), se calculan los coeficientes efectivos de transferencia de calor para el flujo medio anual ($U_{eff,m}$) y la amplitud del flujo anual ($U_{eff,a}$).

$$U_{eff,m} = 0.40 \cdot U_o \cdot D \qquad (6)$$

$$U_{eff,a} = 0.25 \cdot U_o \cdot D^{0.16} \cdot G^{-0.6} \qquad (7)$$

El flujo medio anual ganado o perdido puede definirse según la ecuación (8).

$$q_m = U_{eff,m} \cdot A \cdot (T_a - T_r) \qquad (8)$$

Donde:

A = Área de la losa, m^2.

T_a = Temperatura media ambiental exterior, ºC.

T_r = Temperatura media ambiental interior, ºC.

La amplitud en el flujo anual puede definirse según la ecuación (9).

$$q_a = U_{eff,a} \cdot A \cdot \Delta T \qquad (9)$$

Donde:

ΔT = Amplitud en la temperatura ambiental anual exterior, K.

3. Test Nº1.

Se trata de obtener el flujo medio anual (q_m), la amplitud en el flujo anual (q_a) y el desfase en el flujo con respecto a la temperatura exterior (φ) de un edificio de Colorado (USA). En la figura 1 se muestra un esquema 2D de la situación. En [2] se dan las características del suelo, el tamaño de la losa, las características del hormigón del que está fabricada la losa y las características de la capa aislante.

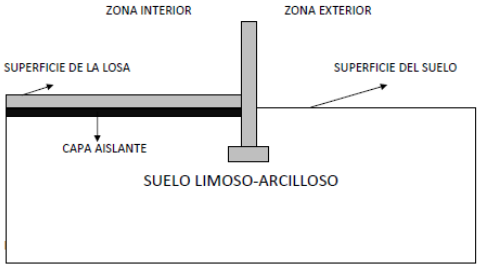


Fig. 1 Esquema 2D del problema

La temperatura ambiente en el interior se mantiene constante en 20ºC, mientras que el exterior tiene una temperatura ambiente media anual de 6.3ºC y una amplitud de 20K.

Con estos datos y haciendo uso del método simplificado [2], se obtiene que el flujo medio anual perdido a través de la losa de cimentación es de 357 W, la amplitud en la variación de ese flujo anual es de 165W. Para el cálculo del desfase (φ) se hace uso de [6] y se obtiene un desfase de 57 días. En la figura 2 se representa la variación anual del flujo de calor usando los valores calculados.

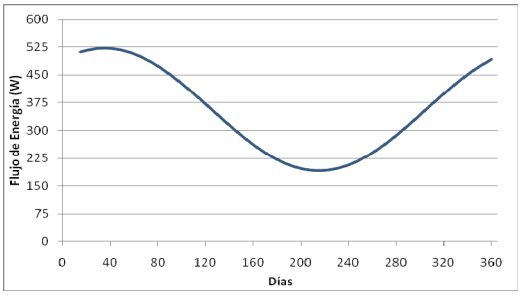


Fig.2 Evolución anual del flujo de calor según ASHRAE

4. Modelado mediante Elementos Finitos.

A la hora de resolver un problema usando un software de Elementos Finitos [7] hay que seguir una serie de pasos:

- Creación de la geometría y discretización (malla) del dominio de flujo.
- Pre-procesado: En esta etapa se definen las propiedades de los elementos involucrados y las condiciones de contorno.
- Resolución: El motor de cálculo resuelve, mediante el método numérico, las ecuaciones que gobiernan el flujo.
- Post-procesado: Visualización y análisis de los resultados.

4.1 Geometría y discretización (malla) del dominio.

En la figura 3 se puede observar la geometría y el mallado del problema, debido a la simetría del problema se dibuja una geometría en la que se representa ¼ de la losa de cimentación. Además se realizan tres mallados distintos (161776, 306351 y 1129121 elementos) para comprobar como varía la solución en función del número de elementos de la malla.

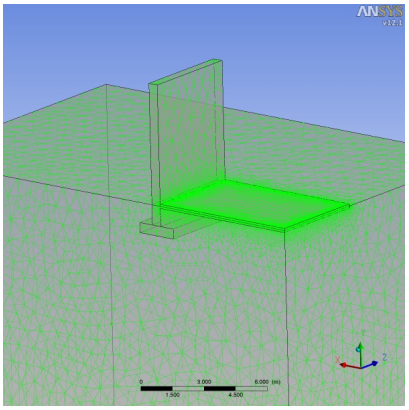


Fig.3 Geometría y mallado del problema para su modelado en ANSYS-CFX.

4.2. Pre-procesado.

En esta etapa se definen las características del hormigón, del terreno y del aislante, así como las condiciones de contorno que afectan al sistema. También definimos el tiempo de simulación. Realizamos la simulación para un período de 20 años y establecemos la captura de datos cada 15 días.

5. Resultados.

Existen una serie de aspectos que se van a estudiar como son:

- La influencia de la discretización.
- La influencia de la transferencia a través de la zapata (con y sin aislar).
- Los coeficientes de película convectivos.

Para ello se realizan distintas simulaciones del problema propuesto:

- Considerando la zapata del muro como parte del terreno.
- Considerando la zapata del muro como hormigón y con un comportamiento adiabático.

- Considerando la zapata del muro como hormigón y con transferencia de calor con el terreno.
- Considerando la zapata del muro como terreno y poniendo un valor para los coeficientes de película en el interior y en el exterior.

5.1. Zapata de muro como parte del terreno.

Se considera la zapata como parte del terreno y se realizan tres simulaciones variando la condición inicial de T del terreno. Se realiza una simulación con condición inicial 6.3ºC, otra con 14ºC y otra con 20ºC. Las temperaturas interior y exterior se introducen como condición de contorno superficial. En las figuras 4 y 5 se representa la variación del flujo medio anual y de la amplitud en el flujo medio anual, respectivamente, a lo largo de los 20 años de simulación. Se puede observar como la solución estacionaria corresponde a la condición inicial de 6.3ºC. El valor del flujo medio anual es 318W perdidos y el valor de la amplitud en el flujo anual es de 170W.

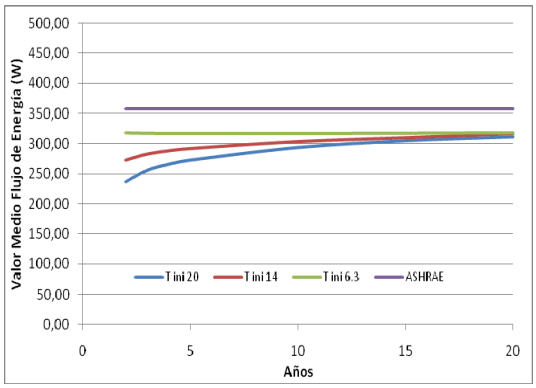


Fig.4 Variación del flujo medio anual

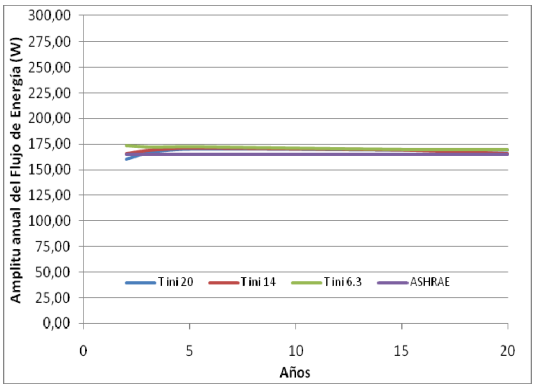


Fig5 Variación de la amplitud en el flujo anual

Como la solución estable se obtiene más rápidamente con la condición inicial de 6.3ºC, para el resto de simulaciones será la condición inicial que se usará.

5.2. Zapata de muro de hormigón y con comportamiento adiabático.

Se pone la zapata de muro de hormigón pero con un comportamiento adiabático, además las temperaturas en el interior y en el exterior se introducen como temperaturas superficiales. Para la solución estacionaria, se obtiene un valor para el flujo medio anual de 295W perdidos y una amplitud en el flujo anual de 130W.

5.3. Zapata de muro de hormigón y con transferencia de calor con el terreno.

Se pone la zapata de muro de hormigón con transferencia de calor con el terreno, además las temperaturas en el interior y en el exterior se introducen como temperaturas superficiales. Para la solución estacionaria, se obtiene un valor para el flujo medio anual de 307W perdidos y una amplitud en el flujo anual de 147W.

5.4. Zapata de muro como parte del terreno y teniendo en cuenta coeficientes de película.

Se considera la zapata como parte del terreno. Las temperaturas interior y exterior se introducen como temperaturas ambiente y se añaden los coeficientes de película convectivos (h). En el interior se le da un valor de 5 W/m^2K y en el exterior se le da un valor de 15 W/m^2K. En la solución estacionaria el valor para el flujo medio anual es de 306W perdidos y la amplitud en el flujo anual es de 157W.

5.5. Refino del mallado.

En las figuras 6 y 7 se pueden ver la variación en el flujo medio anual y en la amplitud en el flujo anual, respectivamente, de la solución estacionaria con el número de elementos de la malla (para 3 mallados diferentes; 161776; 306351 y 1129121 elementos) para la simulación del apartado 5.1 y con condición inicial de 6.3ºC como temperatura del terreno. Se puede observar que, tanto el flujo medio anual como la amplitud en el flujo anual no varían al aumentar el número de elementos de la malla.

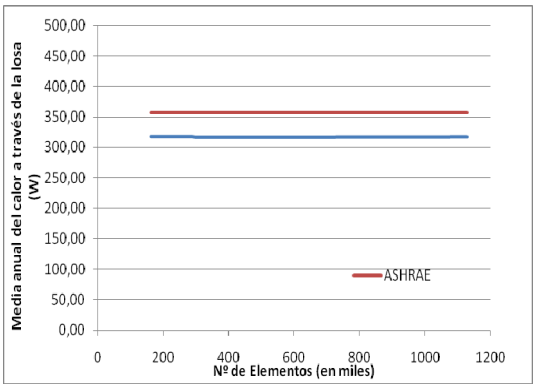


Fig.6 Variación del flujo medio anual

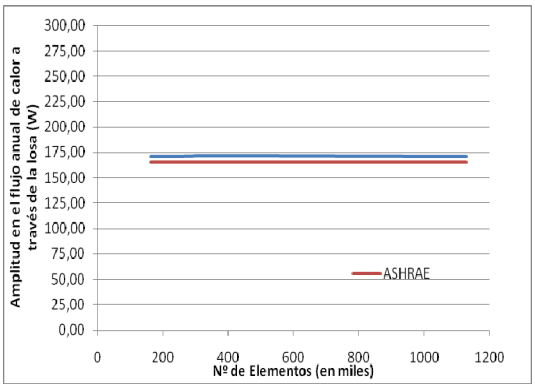


Fig7 Variación de la amplitud en el flujo anual

En la tabla 1 se presenta un resumen de las distintas simulaciones, los resultados obtenidos (en la solución estacionaria) y su error relativo respecto al método simplificado.

Simulación	q_m(W)	q_A(W)	$Error_{qm}$	$Error_{qa}$
Zapata como terreno	318	170	13%	3%
Zapata hormigón adiab.	295	130	19%	21%
Zapata hormigón	307	147	16%	11%
Zapata como terreno y h	306	157	16%	5%

Tabla 1. Resumen resultados obtenidos

6. Conclusiones.

Se ha realizado la comparación entre un método simplificado [2] usado internacionalmente para la resolución de problemas de transferencia de calor entre un edificio y el terreno sobre el que está construido y un método numérico (Método de Elementos Finitos).

En vista de los resultados presentados en la tabla 1, podemos concluir lo siguiente:

- Los resultados más parecidos entre los dos métodos se obtienen cuando se considera la zapata del muro como parte del terreno.
- Al considerar que la zapata de hormigón pudiera tener un comportamiento adiabático los resultados obtenidos entre ambos métodos se alejan bastante.
- En el caso en que se considera la zapata con un comportamiento "normal" para un elemento de hormigón, los resultados obtenidos se diferencian en el 16% en el flujo medio y en el 11% en la amplitud del flujo anual.
- Cuando se consideran las temperaturas como temperaturas ambiente y se introducen los coeficientes de película convectivos interior y exterior, el resultado en el flujo medio se

diferencia en un 16% entre los dos métodos y el resultado en la amplitud del flujo anual se diferencia en un 5%.

Referencias.

[1] Zhipeng Zhong, James E. Braun. A simple method for estimating transient heat transfer in slab-on-grade floors. Building and Environment, 2007;42: 1071-1080.

[2] American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc. ASHRAE Handbook-Fundamentals (SI). ASHRAE: Atlanta, 2005:32.7-32.9.

[3] Krarti M. et al., ITPE technique applications to time-varying two-dimensional ground-coupling problems. Int. Journal of Heat Mass Transfer. Vol. 31 Nº9 pp1899-1911. 1988.

[4] Krarti M., Time-Varying Heat Transfer from Horizontally Insulated Slab-on-Grade Floors. Building and Environment, 1994; 29: 63-71.

[5] Krarti M., Time-Varying Heat Transfer from Vertical Insulated Slab-on-Grade Floors. Building and Environment. Vol. 29 Nº1 pp55-61. 1994.

[6] Krarti, M. and P. Chuangchid; "*Cooler floor heat gain for refrigerated structures.*", FinalReport, ASHRAE Research Project TRP-953, 1999.

[7] Tu, Jiyuan; Yeoh, Guan Heng; Liu, Chaoqun, Computational Fluid Dynamics: A practical approach, Elsevier, 2008.

Intercambiadores enterrados acoplados a bombas de calor: perspectivas para zonas de climas templados

José Méndez Zapata[1], Ismael Rodríguez Maestre, Gabriel González Siles

[1] Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (www.iiTer.es). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España (jose.mendez@uca.es)

Abstract. Ground-coupled heat pump has the advantages of high efficiency and environmental friendliness. It has been used and developed for years in many countries, but particularly in cold weather areas. With the extension of this technology to hot weather areas updating is necessary. A description of the actual state and perspectives will be presented.

Keywords: Ground-coupled heat pump.

1. Introducción.

Los sistemas de climatización que utilizan un intercambiador de calor enterrado tienen escasa implantación en España, a pesar de que es esta una tecnología que puede proporcionar unas prestaciones interesantes y que se ajusta a los criterios más exigentes de sostenibilidad y eficiencia energética. ¿Por qué?

Las razones pueden ser muy variadas: inercia, costes económicos, mejores alternativas,…

Hay tres factores que aumentan la eficiencia energética: el acercamiento de la fuente de energía al punto de consumo, la reducción de los costes de mantenimiento y de la materia prima de la fuente de energía, y el aumento del rendimiento del sistema. A igualdad de consumo, el incremento en la eficiencia energética se traduce en un ahorro de energía, o en sus costes.

¿Aporta para España la tecnología basada en intercambiadores de calor enterrados una mejora significativa frente a otras opciones más utilizadas?

La bomba de calor.

Una bomba de calor acondiciona un recinto traspasando energía entre éste y un foco, en principio el aire exterior, mediante la compresión y evaporación de un refrigerante. A través del compresor desprende energía y con el evaporador la gana. Colocar en el recinto el condensador o el evaporador permite calentarlo o refrigerarlo.

Para funcionar necesita energía (para el trabajo de compresión y en determinados casos para hacer circular el fluido). La relación entre el beneficio (extracción o cesión de calor) y coste (trabajo) determina su eficiencia.

En cada bomba de calor ésta dependerá de las eficiencias mecánicas y térmicas de sus dispositivos, así como de sus perfiles de funcionamiento, pero en primera aproximación, y como referencia máxima, su funcionamiento en Ciclo de Carnot establecería una eficiencia que dependerá de las temperaturas de los focos frío y caliente. Habrá además una diferencia en la eficiencia según la bomba funcione en régimen de calefacción o de refrigeración, lo que tiene su repercusión a la hora de dimensionar los sistemas en las instalaciones.

Si el intercambiador que se encuentra en el exterior (el evaporador en el modo de calefacción, y el compresor en el de refrigeración) está en contacto con el aire, en invierno la temperatura del foco frío es más baja, y el coeficiente de rendimiento (COP) menor, y en verano la temperatura del foco caliente es más alta, y el índice de eficiencia energética (EER) también menor.

Intercambiador en tierra:

Si el foco exterior se sustituye por otro más cálido en invierno y más frio en verano, los coeficientes mejoran. Y esto es lo que se consigue colocando el intercambiador exterior enterrado en el suelo (Ground Source Heat Exchanger-GSHE), donde la temperatura es más estable, más cálida en invierno y más fría en verano. Es, por tanto, una solución más eficaz desde el punto de vista energético. La Agencia de Protección del Medioambiente (EPA) de EEUU los considera los sistemas más eficientes y confortables,

Pero ¿y el coste de la instalación? Puesto que el intercambiador enterrado supone un coste adicional del sistema, hay que justificar que la mejora en la eficiencia energética compensa la inversión, sobre todo porque, aunque el mantenimiento es barato, la instalación es relativamente cara. La cuestión del coste económico depende de muchos factores, y requiere de un análisis muy particular para cada zona y circunstancia. En un trabajo sobre un sistema con bomba de calor asociada a un intercambiador enterrado [1] se presenta una estimación de los costes para distintos sistemas, y se pueden encontrar otras más o menos detalladas. La conclusión es que la instalación supone una inversión considerable, sobre todo teniendo en cuenta que su coste inicial es seguro, mientras que el ahorro posterior que lo amortiza es algo que hay que probar, algo que ya se conoce cuando hay detrás una larga experiencia de utilización, pero que evidentemente no está nada claro en zonas de menor implantación.

Breve revisión histórica:

La idea de utilizar un intercambiador de calor enterrado se aplicó ya en una instalación suiza en 1912. Su desarrollo posterior, muy centrado en proporcionar calefacción en zonas de clima frío de Norteamérica y del Norte de Europa ha ido oscilando en función de cómo las dificultades técnicas han superado las posibles ventajas con respecto a otros sistemas. Las crisis energéticas que comienzan con la de los años 70, han acabado por inclinar la balanza del lado de las ventajas y se han ido desarrollado aplicaciones comerciales y estudios teóricos y experimentales [2]. Por otra parte, el desarrollo de la informática permitió la aparición de una gran variedad programas de simulación y herramientas para el diseño y dimensionamiento de las instalaciones [3], [4].

Instalaciones.

Los datos del Observatorio Europeo de Energía Renovables (EurObserv'ER) [5] informan de más de 900000 instalaciones con cerca de 11 Gw de potencia instalada en Europa en 2009, más de un 97% en zonas del norte y del Centro. España no aparece, aunque instalaciones existen. Si se consultan datos de las administraciones públicas o de las empresas que proporcionan

estas instalaciones podemos concluir que debe haber algunos cientos, con una potencia total de varias decenas de Mw. Como ejemplo se puede consultar la Comunidad de Madrid [6].
Ante esta situación, en el proyecto europeo Geothermal Heat Pump for Cooling and Heating Along European Coastal Areas (GeoCool) [7], se planteó el objetivo de introducir los GSHE en el sur de Europa. Pero esto supone aplicar la nueva tecnología a zonas de clima más templado, donde la demanda de refrigeración es mayor. Una nueva situación.

2. Desarrollo del problema.

2.1.Factores que influyen en el rendimiento del sistema. Complejidad y especificidad.

El rendimiento del sistema de acondicionamiento de aire depende de la adecuación de la bomba de calor al perfil de demanda del recinto. El intercambiado enterrado debe estar dimensionado para atender los requerimientos de la bomba de calor. Su funcionamiento dependerá a su vez del comportamiento térmico del suelo, que variará en función de las condiciones climáticas y físicas, y que se verá afectado por los propios intercambios de energía. La lista de factores que influyen, es interminable, y si a eso se une la interrelación entre ellos queda claro el marco de complejidad en el que se presenta el problema.

La larga experiencia en las instalaciones ya desarrolladas ha permitido ir ajustando modelos de simulación y métodos de dimensionamiento que proporcionan resultados aceptables, pero válidos para sus condiciones. Por ejemplo, ¿cómo se fija el valor de un coeficiente? ¿Qué margen de validez tiene? En principio no es muy aconsejable extrapolar resultados.

2.2.Dimensionamiento.

Encontrar el dimensionamiento adecuado va a influir de manera determinante en que la tecnología se aplique o se descarte.

Los métodos de dimensionado se apoyan en reglas prácticas, estudios teóricos, simulaciones, instalaciones experimentales,… Su validez sólo se verá contrastada con la prueba final de sus resultados prácticos, de sus beneficios en relación con sus costes. A esto se añade el problema que señala Magraner [8] de la falta de herramientas para el diseño global del sistema, ya que las más comunes se aplican para dimensionar cada una de sus partes: cargas térmicas del edifico, bomba de calor, intercambiador enterrado, …

Siendo el objetivo de esta comunicación presentar las perspectivas actuales, y atendiendo a la limitación en su extensión, dedicaremos los siguientes apartados a destacar de forma resumida sólo los puntos que consideramos más sensibles para el dimensionamiento, y que por tanto reclaman una mayor atención para su desarrollo futuro.

2.3.El factor de utilización.

En España el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE) [9] ha editado una Guía Técnica para el Diseño de una Bomba de Calor Geotérmica. En ella adopta la metodología de diseño de intercambiadores enterrados del International Ground Source Heat Pump Association (IGSHPA), una de las más empleadas. En 2003 ASHRAE Applications Handbook [10] se especifican de una forma más completa las recomendaciones para el dimensionamiento.

El resultado fundamental es la determinación de la longitud del intercambiador, en función de varios factores como son la carga térmica del edificio, los coeficientes de eficiencia, las resistencias térmicas

en los intercambiadores y del suelo, las temperaturas máximas y mínimas en el fluido refrigerante y en el suelo y el factor de utilización, fracción de tiempo en que el sistema está funcionando. En la Guía, para establecer el factor de utilización, se estima una dependencia lineal entre la carga térmica y la temperatura exterior, pero se pueden aplicar métodos más exactos, e incluso, para instalaciones experimentales, disponer del perfil real para los períodos de prueba, o utilizar un concepto alternativo que incorpore mejor el efecto del funcionamiento parcial del sistema. Pero al margen de esto, lo que queremos destacar aquí es la influencia que la determinación de este factor tendrá sobre el sobredimensionamiento del sistema de intercambiadores enterrados, y con ello en el coste de la instalación.

Si tomamos el propio ejemplo que presenta la Guía, hay una dependencia lineal que queda reflejada en la gráfica.

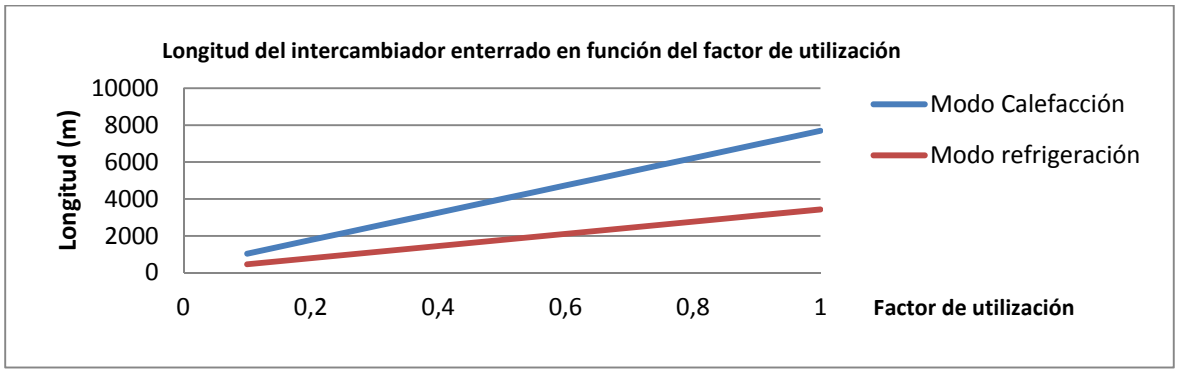


Figura 1.Dimensionado del intercambiador

Si se adopta el criterio de dimensionar para el modo de calefacción, además del posible sobredimensionamiento si el factor de utilización no está bien ajustado, este efecto queda multiplicado 2.24 veces para la refrigeración. Para una zona de clima frío este exceso no es relevante. Para zonas cálidas, se puede dimensionar para la refrigeración [11]. ¿Y en las zonas templadas? Para una primera aproximación supongamos el año dividido en cuatro períodos. En uno de ellos se necesita calefacción, en otro refrigeración, y en otros dos no se necesita climatizar. La instalación queda sobredimensionada la mayor parte del año.

Una mejora en la simulación que lleve a obtener un factor de utilización más ajustado a la situación real, permitiría mejorar el dimensionamiento y con ello los condicionantes económicos de estas instalaciones.

2.4.Saturación del terreno.

Con el intercambio de energía con el suelo, éste se calienta o se enfría, y esto modifica el rendimiento del sistema. El problema tiene su importancia tanto a corto plazo, porque si la diferencia de temperatura entre los intercambiadores y el suelo disminuye el sistema reduce su rendimiento, como a medio y largo plazo, donde el balance de cargas en los regímenes de calefacción y de refrigeración determinará hasta qué punto se puede alcanzar un equilibro. La situación es muy distinta entre las zonas fría y las templadas o cálidas. Para conseguir el mejor comportamiento hay que optimizar la densidad de tubos del intercambiador, en función de la cantidad de energía intercambiada (cantidad almacenada) y de la conductividad térmica del suelo (rapidez en la difusión). Se necesitan modelos de simulación numérica de transmisión de calor que permitan, a corto plazo, asegurar que los valores de

temperatura esperada del fluido refrigerante se ajustan a las necesidades en la bomba de calor, y que prevean la evolución a largo plazo en función del balance de energía en cada período.

2.5.Los pasos de simulación.

Yavuzturk [12] y Spitler ya plantearon el problema de la simulación en períodos cortos (una hora o menos) desarrollando un método de cálculo de temperaturas de respuesta que mejorara el cálculo basado en las funciones de respuesta de Eskilson [13] para largo plazo.

Kummert [14] estudia el problema de la influencia de los ciclos de funcionamiento. Las paradas y arranques en la bomba de calor tienen un efecto sobre su rendimiento que ha obligado a introducir factores de carga parcial para corregir los resultados de las simulaciones. Esto implica un considerable aumento en la carga de computación y la necesidad disponer de datos sobre un considerable número de parámetros, lo que propicia que sea un factor que no se tenga en cuenta con suficiente detalle. Sin embargo, reducir el paso de simulación y tener en cuenta los efectos transitorios en el fluido de los intercambiadores supone una diferencia en los resultados que puede llegar a ser muy importante. En el trabajo reseñado se analiza un caso concreto para el que se obtienen diferencias de hasta el 75% según se tengan en cuenta o no los efectos transitorios, así como, por ejemplo, desviaciones de hasta 4 o 5º en la simulación de la temperatura de retorno a la bomba de calor.

Dado que se dispone de equipos informáticos cada vez más potentes, es factible una simulación más ajustada a la realidad, con períodos de simulación más cortos, que contemple los efectos transitorios de los ciclos de funcionamiento y especialmente del intercambiador, de la que se puedan obtener pautas para un mejor dimensionamiento del sistema.

2.6.Instalaciones experimentales

La particularidad de cada situación, la necesidad de validar modelos y de ajustar coeficientes, justifica la instalación de sistemas experimentales, o el recurso a datos de los sistemas comerciales que ya lleven funcionando un tiempo. Como se ha dicho, para zonas de clima frío las referencias son más amplias, pero no es así en zonas de clima templado.

Para potenciar el desarrollo en estos casos, el Proyecto GeoCool [7] ha dispuesto de una instalación geotérmica experimental, que incluye un sistema de acondicionamiento con bomba de calor acoplada al suelo, y dotado de un sistema de monitorización muy completo. Magraner [8] destaca de entre las conclusiones deducidas a partir de los datos obtenidos, la importancia para el dimensionamiento del rendimiento estacional y diario y el de la correcta caracterización del funcionamiento a carga parcial de la bomba de calor.

Hay que señalar que, por tratarse de una instalación experimental, se ha sobredimensionado de manera que el sistema pueda atender en todo momento los requerimientos de la bomba de calor. En otras palabras, que el suelo siempre responde adecuadamente sea cual sea la demanda del sistema, lo que señala las limitaciones que puede haber en la extrapolación de resultados para instalaciones comerciales, donde el coste de la instalación sí es fundamental.

Otro de los trabajos que se desarrolla dentro de ese mismo proyecto es el de la construcción de un modelo de simulación que quede validar con los datos experimentales. Una idea del grado de incertidumbre en que nos podemos mover en este apartado nos la da el que se reseñen márgenes de error del orden de entre el 15 y el 20% entre los valores experimentales y los del modelo de

simulación, que por otra parte quedan dentro del mismo rango de los propios de los sistemas de medidas.

Existen algunas otras instalaciones asociadas a proyectos para potenciar el desarrollo de la tecnología de los intercambiadores enterrados. Un ejemplo son los estudios de validación de un modelo mediante una instalación experimental en la Universidad de Nidge [15] en de Turquía.

2.7.Sistemas integrados.

Tras agotar las posibilidades de optimización del sistema en base a los elementos descritos en los apartados anteriores, y ante las diferencias de comportamiento entre los modos de calefacción y refrigeración cabe una última solución que es la de diseñar sistemas integrados, donde se añaden elementos que compensan los desfases. Obviamente suponen un coste adicional en la instalación y en el de su funcionamiento, y habrá que analizar en cada caso si los resultados lo justifican. Pero, en principio, es una vía a explorar.

Pardo [16] estudia la solución de integrar el sistema de bomba de calor con intercambiador en el suelo con otra bomba de calor aire/agua y un dispositivo de almacenamiento. Estudia la forma óptima de combinarlos y la regulación del funcionamiento de todos los dispositivos. Obtiene datos sobre los ahorros que se producirían en el consumo frente a los sistemas convencionales.

En el sur de China las cargas térmicas de refrigeración son muy superiores a las de calefacción, lo que se traduce en un calentamiento progresivo del suelo que va reduciendo la eficiencia del equipo. La solución presentada por R. Fan [17] es acoplar un dispositivo de almacenamiento de refrigerante a más baja temperatura, que permita enfriar el suelo.

El almacén de energía puede servir para cubrir picos de demanda sin que sea necesario el sobredimensionamiento para el resto de las situaciones. Un modelo de sistema integrado con estas características es el que presentan y estudian Yu Y. [18].

La viabilidad del sistema para una zona de clima cálido, como el de El Salvador la defienden Y. C. Cardoza y G.X. Francia [11]. Entre sus conclusiones destacan la necesidad de disponer de sistemas de recuperación de calor por las consecuencias del desequilibrio térmico en la tierra.

3. Conclusiones.

Los sistemas de acondicionamiento de aire que incorporan intercambiadores integrados permiten disponer de una fuente de energía renovable y proporcionan un grado de fiabilidad y confort que no se deben desaprovechar. Su mayor inconveniente está en la dificultad para dimensionar adecuadamente la instalación ante condiciones geográficas y climáticas muy variables, lo que se traduce en un coste elevado de la instalación.

Son muchos los factores que van a determinar un dimensionamiento correcto, pero de entre ellos cabe destacar el estudio del comportamiento del sistema frente a los perfiles de demanda energética, con sus consecuencias de funcionamiento a carga parcial y variación estacional de los rendimientos, y la fiabilidad del modelo de comportamiento térmico de los elementos del intercambiador y del suelo. Un efecto importante lo tiene también el paso de simulación que se considere, debido al comportamiento transitorio a corto plazo en elementos como el fluido refrigerante y la bomba de calor. Los ciclos de funcionamiento son determinantes en este sentido.

Por otra parte, el desarrollo de sistemas de intercambiadores integrados con dispositivos de producción y almacenamiento de energía, y el estudio de las estrategias más apropiadas para su interconexión, se presentan como otra vía para corregir los desequilibrios que la doble función de calefacción y refrigeración introduce en el dimensionamiento del sistema, y optimizar así la instalación.

Como conclusión final que sirva a la vez como planteamiento de las perspectivas, y dado que existen recursos técnicos y capacidad de computación suficientes, destacamos la necesidad de avanzar en el desarrollo de métodos y herramientas que permitan analizar y diseñar en su conjunto, y para las diferentes condiciones particulares, a todo el sistema.

Referencias.

[1] Pardo, N, Montero, Á, Martos, J., Urchueguía, J.F. Optimization of hybrid-ground coupled and air source-heat pump systems in combination with thermal storage; *Applied Thermal Engineering,* (2010), 30, pp. 1073-1077 [2] Svec, O.J. Potential of Ground Heat Source Systems; *International Journal of Energy Research*, (1987), 11, pp. 573-581.

[3] Yang, H.; Cui,P. ; Fang, Z. Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems; *Applied Energy*, (2010), 87, pp.16-27.

[4] Florides, G.; Kalogiru, S. Ground heat exchangers: A review of systems, models and applications; *Renewable Energy,*. (2007), 32,pp. 2461-2478

[5] http://www.eurobserv-er.org

[6] Proyectos emblemáticos en el ámbito de la energía geotérmica. Fundación de la energía de la Comunidad de Madrid. www.fenercom.com. (2010).

[7] *Geothermal Heat Pump for Cooling and Heating along European Coastal Areas*. *Final Report.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2006. EU 5th Framework Programme, NNE5-2001-00847.

[8] Magraner Benedicto, T. Validación Experimental de los Métodos de Diseño de Instalaciones de Bomba de Calor Acoplada al Terreno; Tesis Doctoral; U. Politécnica de Valencia. (2010).

[9] Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica. Madrid. (2010).

[10] 2003 ASHRAE HANDBOOK, Heating, Ventilating and Air-Conditioning Applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2003).

[11] Cardoza Colindres, Y.C., Francia Aguirre, G.X.A, Estudio de la utilización de sistemas geotérmicos (GSHP)del tipo tierra/aire, para el acondicionamiento de espacios habitados en El Salvador, Trabajo de Graduación, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, El Salvador, Octubre 2010.

[12] Yavuzturk, Cenk, Spitler, Jeffrey D. A short time step response factor model for vertical ground loop heat exchangers. *ASHRAE Transactions*, (1999), 105(2), pp. 475-485.

[13] Eskilson,P. Thermal analysis of heat extraction boreholes. Doctoral Thesis, University of Lund, Department of Mathematical Physics, Lund, Sweden. (1987).

[14] Kummert, M., Bernier, M. Sub-hourly simulation of residential ground coupled heat pump systems. *Building Services Engineering Research and Technology,* (2008), 29,1, pp.27-44

[15] Hepbasli A., Tolga Balta M. "A study on modeling and performance assessment of a heat pump system for utilizing low temperature geothermal resources in buildings". *Building and Environment*, 2007, núm. 42, pp. 3747-3756.

[16] Pardo García, N. Energy efficiency improvement of hybrid ground coupled HVAC systems from thermal energy generation and storage management ; Tesis Doctoral; U. Politécnica de Valencia. (2009).

[17] Rui Fan, Yiqiang Jiang, Yang Yao and Zuiliang Ma**.** Theoretical study on the performance of an integrated ground-source heat pump system in a whole year, *Energy*, (2008), Volume 33, Issue 11, 2008, pp. 1671-1679.

[18] Yanshun Yu, Zuiliang Ma and Xianting Li**,** A new integrated system with cooling storage in soil and ground-coupled heat pump, *Applied Thermal Engineering*, (2008), 28, pp. 1450–1462**.**

Modelado de transferencia de calor geotérmica mediante elementos finitos

Pascual Álvarez Gómez[1], Ismael Rodríguez Maestre[1], Ignacio Turias Domínguez[2], Francisco Javier González Gallero[1]

[1] Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España (pascual.alvarez@uca.es)
[2]Departamento de lenguajes y sistemas informáticos. Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España

Abstract. In the last years, and promoted by the energy saving efficiency, the use of the ground-coupled heat pump system (GCHPs) for space cooling, heating and even hot-water supply is suffering an important development in Spain and rest of Europe. The estimated energy recovered from the ground has been an object of research. The current dimensioning programs incorporate simplified techniques of estimation. These techniques try to incorporate the most relevant aspects of the thermal behavior both on the inside and outside of the borehole. In order to contrast the recovered energy estimates by these dimension methods and the real energy exchanged as a result of the coupling with the system, it is needed a reference tool that allows coupling the subsystem pipe-ground with the subsystem pipe-heat pump, for each simulation time step. This paper presents by one a three-dimensional heat transfer simulation processes in single U-tube borehole heat exchangers and the surrounding soil mass, and other hand the surface boundary conditions study. The meshing of the ground and the borehole and the fluid treatment in the inside of buried pipes are also studied.

Keywords: geothermal modeling, finite element, borehole, ground heat exchanger.

1. Introducción:

En la actualidad muchas residencias y edificios comerciales han instalado sistemas geotérmicos de muy baja temperatura también conocidos como sistemas de muy baja entalpía para la calefacción, refrigeración y calentamiento de aguas sanitarias por su alta eficiencia energética, bajo coste de mantenimiento y la amortización del sistema a medio plazo. Además la energía geotérmica es una energía renovable y sostenible con una principal ventaja medioambiental, la reducción emisiones de CO_2 [1].

La estimación de la energía recuperada del terreno ha sido objeto de investigación durante las últimas décadas [2]. Los programas de dimensionado actuales incorporan técnicas simplificadas de estimación que intentan incorporar los aspectos más relevantes del comportamiento térmico. Para poder contrastar la energía recuperada que estiman dichos métodos de dimensionados con la realmente intercambiada resultado del acoplamiento con el sistema de climatización, será necesario disponer de una herramienta de referencia que permita acoplar, para cada paso de tiempo de simulación, el subsistema

conducto-terreno con el subsistema conducto-bomba de calor además de la distribución de temperaturas y flujo de calor de un sistema geotérmico con respecto al tiempo, exponiendo la temperatura de salida del fluido que circula por la sonda, teniendo en cuenta la temperatura de la pared de la perforación, los flujos de calor y la resistencia térmica [3]. El desarrollo de esta herramienta de referencia será el objetivo principal de este estudio.

Para este trabajo se presenta una simulación tridimensional de elementos finitos usando el software comercial ANSYS-CFX trabajando la problemática de las condiciones de contorno en la superficie, el mallado del terreno y del borehole, así como el tratamiento del fluido en el interior de los tubos enterrados [4,5].

Se simula en estado transitoria el sistema geotérmico vertical de intercambio de calor teniendo un análisis de la región interior incluyendo el material de relleno de la perforación, la sonda única en forma de U y el fluido que circula dentro de los tubos y además un análisis de la región exterior formada por el terreno que rodea a la perforación.

El modelado tiene unas condiciones establecidas de las propiedades y componentes del sistema, de profundidad y anchura de la perforación, características térmicas de la sonda U de polietileno de alta densidad, la lechada de bentonita, fluido y terreno de alrededor.

Se tienen en cuenta las condiciones ambientales en la superficie del terreno y la necesidad de considerarlas a la hora de diseñar un intercambiador de calor geotérmico [6].

2. Cálculo de condiciones de contorno

Para el cálculo de las condiciones de contorno debemos conocer y considerar las condiciones climáticas puesto que son muy importantes para el diseño de los intercambiadores de calor puesto que afectan a las variaciones de temperatura de la superficie del terreno y con respecto a la profundidad, influyen en la temperatura media del terreno y por otra parte determinan los requerimientos de calefacción y refrigeración de la zona a acondicionar. Por eso es importante disponer de una buena base climatológica con el fin de hacer un correcto dimensionado del intercambiador de calor.

Realmente la distribución de temperatura en el terreno se ve afectada por la estratificación y propiedades físicas del terreno, por el tipo de cobertura de la superficie (por ejemplo, suelo desnudo, césped, nieve etc.) y la influencia climática es decir, las condiciones de contorno determinadas por la temperatura, viento, radiación solar, humedad y precipitaciones [7, 8].

2.2 Cálculo analítico de la variación de la temperatura en el terreno.

M. M. Salah El-Din [10] presenta el desarrollo de un modelo matemático para el cálculo de la temperatura del suelo no sólo en la superficie del terreno (como es el caso de Mihalakakou et al. [11]) sino también de la variación de temperatura con respecto a la profundidad. Basadas en la ecuación de balance de energía en la superficie de terreno y asumiendo que la variación de temperaturas en la superficie del terreno se ajusta a una Onda Senoidal. La ecuación de balance de energía implica la variación periódica de la radiación solar, la temperatura atmosférica y el flujo de calor latente debido a la evaporación.

El flujo de calor en el terreno es expresado generalmente por el siguiente modelo unidimensional, una ecuación transitoria de conducción del calor,

$$\frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{D}\frac{\partial T}{\partial t} \tag{1}$$

La ecuación de balance de energía en la superficie del terreno es usada como ecuación de condición de contorno en la superficie del terreno. El balance de energía en el terreno puedes ser expresado como

$$-k\left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)_{z=0} = h'(T_{se} - T_s) \tag{2}$$

$$\boldsymbol{h'} = (1 + 0.0168fa)h \tag{3}$$

$$\boldsymbol{T_{se}} = [(1 + 0.0168far)hT_{atm} + \alpha_0 s - \varepsilon\Delta R - 0.0168fbh(1 - r)]/h' \tag{4}$$

Donde k es la conductividad térmica del suelo, T es la temperatura en función de la profundidad y el tiempo, T_s es la temperatura en la superficie del suelo, T_{se} es llamada a la temperatura solar de evaporación y h' es el coeficiente convectivo-radiante, h coeficiente de transferencia de calor convectiva, f fracción de la cual depende principalmente la cobertura del terreno y el nivel de humedad del terreno, a=130 Pa K^{-1}, b=609 Pa, r humedad relativa del aire por encima de la superficie del terreno, T_{atm} temperatura del aire en función del tiempo, α_0 absortividad de radiación solar, s intensidad de radiación solar, ε emisividad onda larga de la superficie, ΔR diferencia entre la radiación de onda larga, incidente sobre la superficie desde el cielo alrededores y la radiación emitida por un cuerpo negro a la temperatura atmosférica del aire.

Mediante una aproximación de onda sinusoidal se calcula la temperatura para cada profundidad

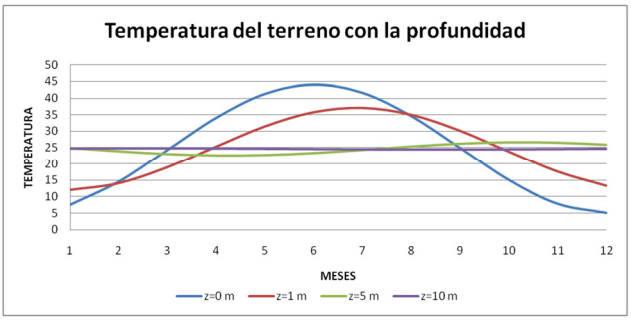


Fig. 1 Evolución anual de la temperatura del terreno con la profundidad.

2.2 Cálculo numérico de la variación de la temperatura en el terreno

Para el cálculo numérico de la variación de temperatura en el terreno con la profundidad usamos un modelado con ANSYS CFX al cual le introducimos los mismos datos de estudio que en el apartado anterior con el fin de poder comparar las dos formas de estudio. Las condiciones de contorno para la superficie del terreno que utilizamos en el modelado son el T_{se} y h′.

Se tuvo que discretizar el mallado y hacer una simulación con un tiempo superior a un año para coger el último año de simulación el cual tiene la memoria de las temperaturas de los años anteriores, en nuestro caso con dos años fue suficiente.

2.3 Validación de la solución unidimensional.

Se hace una comparación entre los datos obtenidos de la forma analítica y de la forma numérica para la variación de temperatura del terreno con la profundidad para los primeros metros que es donde la variación de temperatura es mayor y partir de estos primeros metros de profundidad, la temperatura no depende de las variaciones estacionales y se mantiene constante a lo largo del año a cada profundidad

Se pueden diferenciar cuatro zonas distintas según la variación de la temperatura del terreno con la profundidad [12]. La primera zona, o zona superficial, comprende desde la superficie de la tierra hasta la profundidad de un metro, y es una zona donde la temperatura del terreno es muy sensible a cambios en las condiciones ambientales. La segunda zona es la que se extiende hasta unas profundidades entre 8 y 20 metros, según el tipo de terreno, y donde la temperatura del terreno es cercana a la temperatura media anual ambiental, pero influenciada por las variaciones climáticas estacionales. La tercera zona, que alcanza hasta profundidades de 50 metros aproximadamente, presenta una temperatura constante a lo largo del año. Por último, a profundidades superiores a los 50 metros, la temperatura aumenta con la profundidad del terreno con un gradiente medio de 0,03 ºC/m como consecuencia del gradiente geotérmico (temperaturas en la corteza terrestre debidas al flujo de calor interior) [8].

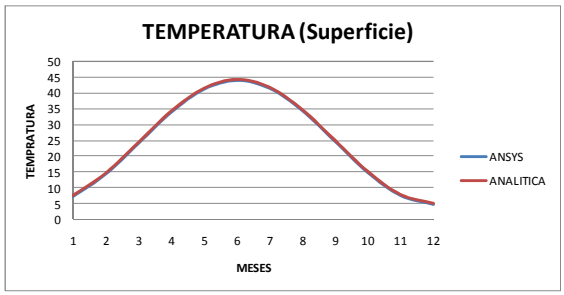


Fig. 2 Temperatura terreno profundidad de z=0 m

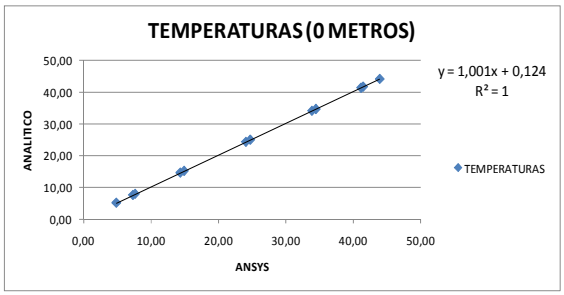


Fig. 3 Coeficiente de determinación profundidad de z= 0 m

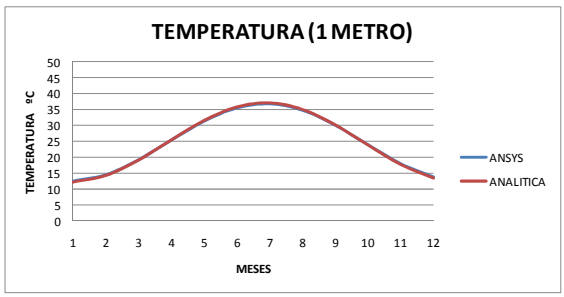


Fig. 4 Temperatura terreno profundidad de z=1 m

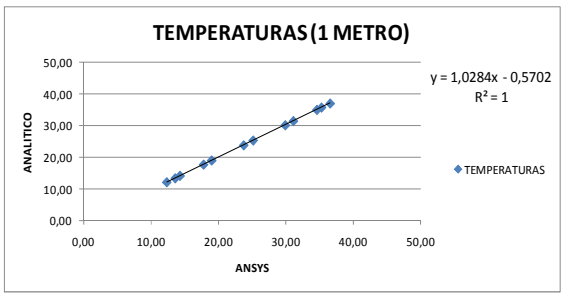


Fig. 5 Coeficiente de determinación profundidad de z= 1 m

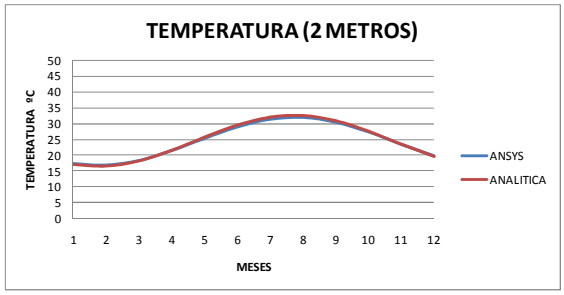


Fig. 6 Temperatura terreno profundidad de z=2 m

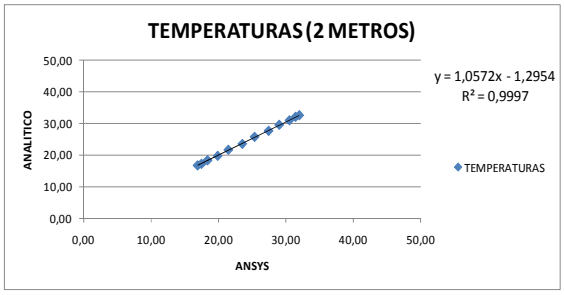


Fig. 7 Coeficiente de determinación profundidad de z= 2 m

3. Modelado de un circuito cerrado con intercambiador vertical

Un circuito cerrado con intercambiador de calor vertical precisa de un sondeo de profundidad variable entre 60 y 200 metros, en los sondeos se introducen tuberías de PE de diámetros comprendidos entre 25 mm y 63 mm en función del caudal circulante y la longitud del circuito y un material de relleno [13]. Aunque en este caso se modela con una profundidad de 20 metros para aligerar el tiempo de computación y una tubería de PE de 40 mm, puesto que el objetivo de este artículo es hacer un modelo de referencia con un circuito cerrado con intercambiador vertical aplicando las condiciones de contorno calculadas en los apartados anteriores. Se busca verificar la herramienta para futuros estudios en situaciones reales.

3.1 Geometría y discretización de la malla del dominio

La geometría del problema está compuesta por la tubería en U de intercambio de calor de diámetro 40 mm y profundidad 20 metros, el relleno de la perforación de diámetro 180 mm y el terreno de alrededor según se muestra en la figura 12.

Para el mallado debemos tener presente que la tubería de 0.40 mm de diámetro lleva el fluido que tendrá el intercambio de calor con la región interior de la perforación (en inglés, borehole) que incluye el material de relleno de la perforación (en inglés, grout) y la tubería de PE y la región exterior formada por el terreno que rodea a la perforación, por tanto debemos tener un mallado fino en el fluido y la tubería y a medida que nos vamos alejando de la tubería se va haciendo un mallado más grueso.

Se controlo el tamaño del mallado con el comando de ANSYS spacing en las zonas donde se requería un mallado fino utilizando un tamaño mínimo de 10 mm y un tamaño máximo de 40 mm. La tasa de crecimiento se eligió como 1.2 y como ángulo 18º, se utilizó un tamaño de malla de 10 mm; este valor irá creciendo gradualmente en progresión geométrica con un factor de 1.2 hasta empatar con el tamaño de malla del resto de la superficie que es de 40 mm.

Se empezó mallando la superficie de la tubería con elementos triangulares y a continuación al pasar al mallado volumétrico para tres dimensiones se forman elementos tetraédricos.

El proceso de generación de mallado del modelado de ANSYS-CFX usando las especificaciones de tamaños máximos y mínimos de malla, hace los mallados de las superficies de las caras automáticamente y luego empieza a generar los tetraedros para completar el mallado volumétrico.

Se discretiza la malla haciendo tres mallados distintos para comprobar como varia la solución en función del numero de elementos una primera generación de mallado de 1010702 elementos, una segunda generación de 1858131 elemento y una última de 3093364 elementos.

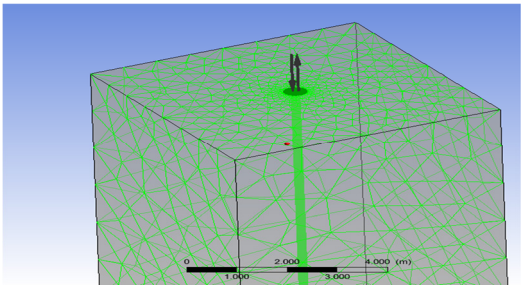


Fig. 8 Geometría y mallado.

3.2 Pre-procesado.

En el pre-procesado se definen las características de cada parte del sistema, en primer lugar definimos las características del terreno que en nuestro caso son las correspondientes a un suelo calizo con densidad de 2000 kg/m^3 y una conductividad térmica de 1.7 W/mK y un calor especifico de 1000 J/kgK y una temperatura inicial de 24.6ºC, en segundo lugar la tubería se considera de polietileno de alta densidad HDPE de diámetro 40 mm y un espesor de tubería de 3.7 mm con una conductividad térmica de 0.42 W/mK y un calor especifico de 1800 J/kgK, en el interior del tubo circula un fluido en este caso se usa agua a una velocidad constante de 0.05 m/s y una temperatura de entrada de 10ºC y por ultimo definimos el material de relleno de la perforación el cual es una mezcla bentonita con una alta conductividad térmica 2.65 W/mK.

Se incluyen las condiciones de contorno de la superficie del terreno T_{se} y h' y además definimos el periodo de tiempo de simulación, para este modelado fue de un año con pasos de tiempos de simulación de 1 hora.

3.3 Resolución

Se tiene un tiempo de simulación de un año del cual se estudia el tercer mes con pasos de tiempos de una hora, obteniéndose la carga térmica del terreno, la del relleno de la perforación y aparte del comportamiento térmico del fluido en el interior del tubo.

3.4 Post-proceso

En el post-procesado se visualizan y analizan los resultados, obteniendo la distribución de temperaturas con respecto a la profundidad en el suelo, en el material de relleno y en el fluido del interior de la tubería, por ejemplo se puede ver en la figura 13 el intercambio de calor entre el terreno y el fluido de entrada y salida de la simulación de un circuito cerrado de intercambiador de calor vertical visualizado mediante el corte de un plano longitudinal y en la figura 14 se observa el comportamiento térmico del fluido de entrada y salida con respecto a la profundidad a las 12 horas del primer día de Marzo.

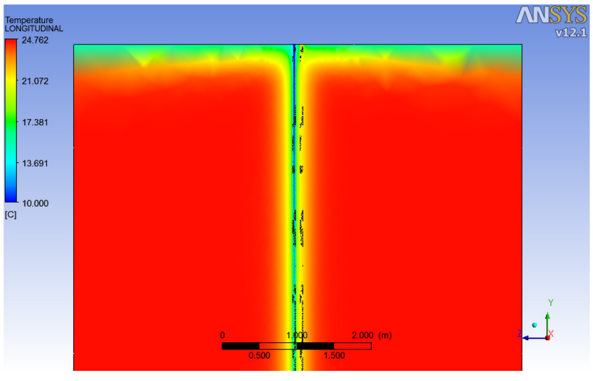


Fig. 13 Plano longitudinal de transferencias de temperaturas

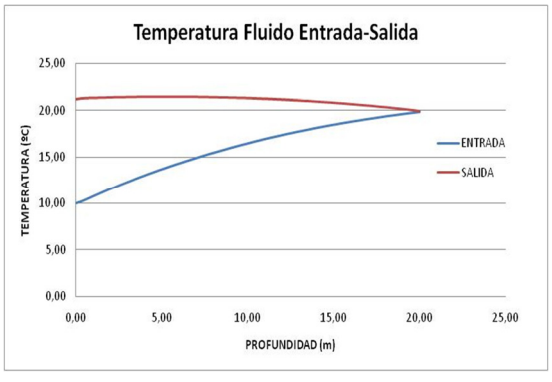


Fig. 14 Temperatura del fluido respecto a la profundidad

4. Conclusiones

Inicialmente se estudia las condiciones de contorno en la superficie del terreno para calcular de forma analítica y numérica la variación de la temperatura en el terreno con respecto a la profundidad, obteniendo la validación de la solución unidimensional. Para estos cálculos se deben tener en cuenta las condiciones climáticas en la superficie del terreno las cuales implican la variación periódica de la radiación solar, la temperatura atmosférica y el flujo de calor latente debido a la evaporación. Se observa la importancia de introducir las condiciones de contorno debido a las condiciones climáticas, en el momento de diseñar un intercambiador de calor geotérmico.

En este artículo se muestra el modelado necesario para obtener una herramienta de referencia que permita acoplar para cada paso de tiempo de simulación, el subsistema conducto-terreno con el subsistema conducto-bomba de calor además de la distribución de temperaturas y flujo de calor de un sistema geotérmico con respecto al tiempo.

Se presenta una simulación de tres dimensiones en estado transitorio de los procesos de transferencia de calor de un sistema cerrado con intercambiador vertical, formado por un tubo simple U y el fluido que circula en su interior, el material de relleno de la perforación y los terrenos de alrededor. Con un análisis de los pasos de simulación: geometría y discretización de malla, pre-procesado, resolución y post-proceso.

5. Referencias:

[1] P. Cui, H. Yang, Z. Fang. Numerical analysis and experimental validation of heat transfer in ground heat exchangers in alternative operation modes, Energy and Buildings, 40, 2008, (pp. 1060-1066).
[2] H. Yang, P. Cui, Z. Fang. Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems, Applied Energy 87, 2010, (pp. 16–27)
[3] Hikmet Esen, Mustafa Inalli, Yuksel Esen. Temperature distributions in borehole of a vertical ground-coupled heat pump system, Renewable Energy 34 2009 (pp. 2672-2679).
[4] M. Gustafsson, L. Westerlund, G. Hellström. CFD-modelling of natural convection in a groundwater-filled borehole heat exchanger, Applied Thermal Engineering, 30, 2010, (pp. 683-691).
[5] R. Al-Khoury, T. Kölbel, R. Schramedei. Efficient numerical modeling of borehole heat exchangers, Computers & Geosciences, 36, 2010, (pp. 1301-1315).
[6] Georgios Florides, Soteris Kalogirou. Ground heat exchangers- A review of systems, models and applications, Renewable Energy, 32, 2007, (pp. 2461-2478).
[7] Georgios Florides, Soteris Kalogirou. “Ground heat exchangers—A review of systems, models and applications”. Renewable Energy 32 2007 (pp. 2461–2478)
[8] Teresa M. “Validación experimental de los métodos de diseño de instalaciones de bombas de calor acopladas al terreno”. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, 2010.
[9] M.M. Salah El-Din, “On the heat flow into the ground” Renewable Energy, 18, 1999 (pp. 473-490)
[10] G. Mihalakakou, M. Santamouris, J.O.Lewis and D. N. Asimakopoulos “On the application of the energy balance equation to predict ground temperature profiles” Solar Energy Vol. 60, Nos. 3/4,1997, (pp. 181-190)
[11] Carslaw H.S and Jaeger J.C “Conduction of Heat in Solid”. 2nd edition. Oxford Scienc Publishers, Oxford, 1980.
[12] Popiel C. et al. “Measurements of temperature distribution in ground”. Experimental Thermal Fluid Science, Num 25, 2001, (pp. 301-309).
[13] Plataforma Tecnológica Española de Geotermia (GEOPLAT). “Documento de Visión a 2030” (2010)

Implementación de las técnicas de Free-Cooling en un modelo de simulación térmica de edificios.

Juan Luis Foncubierta Blázquez[1], Ismael Rodríguez Maestre[1], Paloma Rocío Cubillas Fernández[1], Juan Francisco Coronel Toro[2]

[1] Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España (juanluis.foncubierta@uca.es)
[2] Grupo de Termotecnia. Escuela Superior de Ingenieros. Universidad de Sevilla. Av. De los Descubrimientos s/n 41092 SEVILLA. España (jfc@us.es)

Abstract. The global use of energy is rising substantially in recent years. This rapid growth is due to the new industrialized countries like China and India. This is showing the future energy supply problems and the environmental impact posed by the excessive consumption of energy. Thus the concern for energy efficiency in building systems and the development of new energy saving techniques, have led major savings policies as the European Directive 2002/91/EC. Saving techniques applied to building techniques can be classified as active, they need energy and passive techniques. These latter are the more interesting because can provide energy without consumptions of much energy in its application. In this article, a computer simulation model to evaluate the energy savings achieved by the passive technique of Free-Cooling for heating or cooling ventilation building exterior.

Keywords: Energy savings, Free-Cooling.

1. Introducción.

El uso mundial de la energía está aumentando considerablemente en los últimos años. A este rápido crecimiento se une el rápido desarrollo que están experimentando países en vías de industrialización como China o India. Este hecho está poniendo de manifiesto las futuras dificultades de abastecimiento energético así como el impacto ambiental que supone el consumo desmesurado de energía.

La contribución global de los edificios en materia de energía consumo, tanto residencial como comercial, ha aumentado sostenidamente alcanzando cifras entre 20% y 40% en los países desarrollados, y ha superado los demás sectores principales: industria y transporte [1].

Por ello la preocupación por la eficiencia energética de los sistemas en edificación así como el desarrollo de nuevas técnicas de ahorro energético, han dirigido las principales políticas de ahorro como la Directiva Europea 2002/91/CE [2].

Las técnicas de ahorro aplicadas a la edificación se pueden clasificar en técnicas activas, que necesitan consumo de energía, y técnicas pasivas [3][4]. Estas últimas son las más interesantes ya que además del ahorro energético que pueden aportar no consumen gran energía en su aplicación.

Entre estas técnicas destacan la ventilación natural nocturna [5], que consiste en el aprovechamiento de de las bajas temperaturas nocturnas y la alta inercia de los elementos constructivos del edificio,

almacenamiento de energía mediante materiales de cambio de fase, que al igual que el caso anterior, aprovecha momentos de bajas temperatura para enfriar materiales que posteriormente con el cambio de fase cederán la energía almacenada [6][7][8].

Otros métodos se basan en el control de la humedad para aumentar el confort, que indirectamente afecta al tiempo que los sistemas de climatización están activos, con el ahorro energético que esto conlleva [9]. Así se han estudiado también métodos mediante el control óptimo del termostato para un uso eficiente del sistema de climatización [10].

El enfriamiento evaporativo es una de las técnicas más usadas [11]. La más básica se basa en la pulverización de agua sobre aire seco, que se enfriará mediante la evaporación de dicha agua pulverizada. Se clasifican en métodos directos e indirectos. En los directos el flujo de aire entra en contacto con el flujo de agua (como el caso anteriormente explicado). En cambio en los métodos indirectos el flujo de aire a enfriar pasa a través de un intercambiador con la corriente de aire húmeda.

El muro Trombe [3] es una solución constructiva que ahorra energía gracias al almacenamiento de ésta en un elemento de alta inercia. Este elemento suelen ser los muros de las fachadas exteriores.

Por último otra técnica muy utilizada consiste en calentar el aire de ventilación mediante la radiación solar. Esta técnica es conocida como chimenea solar [3].

Debido a la gran cantidad de soluciones y técnicas para el ahorro energético, surge la necesidad de cuantificar de cuantificar dicho ahorro. Entre otras destacar las técnicas de estimación numérica y la simulación mediante ordenador.

Las técnicas de estimación numéricas pueden dar una idea cualitativa del ahorro potencial. Así algunos autores proponen correlaciones empíricas [12][13], así como aproximaciones mediante el uso de la temperatura media mensual [14], o modelos matemáticos del sistema [15][16].

Análogamente, la simulación por ordenador es una de las herramientas más utilizadas. Estas herramientas consisten en el acoplamiento simultáneo de las ecuaciones que gobiernan el comportamiento del edificio. La simulación suele realizarse en saltos de tiempo de una hora. Estos programas suelen disponer de una base de datos meteorológica de la zona [17][18][19][20].

En el presente trabajo de investigación se desarrolla un modelo de simulación por ordenador para evaluar el ahorro energético conseguido por la técnica pasiva de Free-Cooling o refrigeración o calefacción aprovechando la ventilación exterior. Así en primera instancia se presentará el software de simulación programado y su integración con el modulo de sistemas. Después se presentarán los casos de estudio y los resultados de las simulaciones para tres tipos de Free-Cooling, Térmico, Entálpico y Térmico-Entálpico, presentando las estrategias de control utilizadas en ellos.

2. Acoplamiento con el software de simulación.

Los programas de simulación térmica y energética de edificios han adquirido mayor importancia en los últimos años debido principalmente a las nuevas directivas de ahorro energético propuesta por la Directiva Europea CE 91/2002.

Por ello desde el grupo de investigación de Ingeniería Térmica de la Universidad de Cádiz se ha desarrollado un software de simulación térmica de edificios (*jEner*) basado en la resolución explícita del sistema mediante pasos de simulación en intervalos de tiempo corto. No son muchos los programas existentes en la actualidad que utilizan este método de simulación, es por ello, que cobra más interés el estudio de dicho modelo.

El modelo de simulación térmica, *jEner*, se caracteriza por poseer un esquema de resolución que integra los balances energéticos de todos los sistemas térmicos participantes para cada intervalo de tiempo de la simulación. Dicho intervalo es configurable por el usuario, y permite considerar la evolución real de los equipos HVAC. Destacar la diferencia fundamental entre este tipo de estrategia de resolución y las utilizadas por programas de simulación horarios [18][20] (lo cuales aproximan el consumo horario del equipo mediante curvas de comportamiento).

En cuanto a la estructura, esta herramienta se encuentra programada en JAVA, lenguaje actual orientado a objetos que ha permitido añadirle modularidad y agilidad.

El programa dispone de dos módulos principales que interactúan entre sí, el módulo de edificio y el módulo de sistemas. Estos módulos son fácilmente ampliables y están formados por un conjunto de objetos. Estos objetos se construyen a partir del núcleo de simulación que dispone de propiedades elementales como nodo térmico, flujos másicos, relaciones, etc.

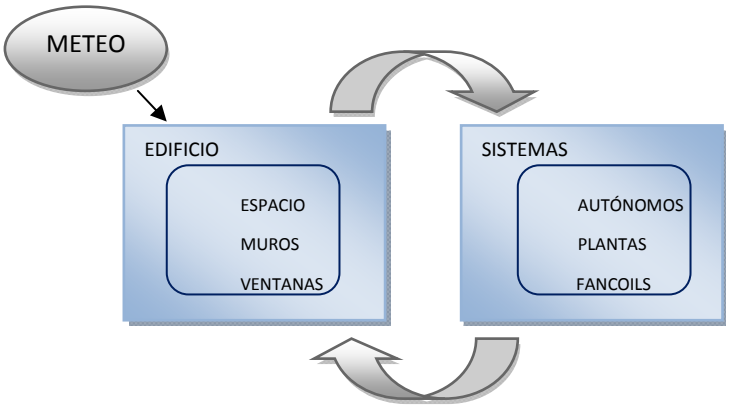


Fig. 1 Esquema del motor de simulación.

No se entrará más en detalle sobre el módulo del edificio ya que no es objeto del presente trabajo. Del módulo sistemas se mostrará en detalle el objeto autónomo y su implementación del Free-Cooling.

Para dotar a los equipos de la mayor flexibilidad y modularidad posible se ha diseñado una estructura de módulos que abarca y representa a la mayoría de los equipos existentes en la actualidad. Así con este esquema se ha podido modelar con éxito todos los equipos más comunes implementados en los programas de simulación térmica de edificios más usados en la actualidad.

En *jEner*, cualquier equipo, además de las propiedades inherentes al núcleo (relaciones de flujo másico, nodos térmicos, etc.) antes comentadas, contienen una serie de propiedades propias:

- *Controlador*: El objeto controlador es el encargado de regir el comportamiento del equipo. El controlador se compone de unas entradas, de unas reglas determinadas (agrupadas por etapas), y de una salida que se obtiene aplicando dichas reglas a las entradas. Un equipo puede tener más de un controlador si se requiere, pero no es habitual. Si extrapolamos este objeto a la realidad, sería el autómata, donde las entradas serán los sensores de la máquina.

- *Etapas*: El objeto etapa determina, como su propio nombre indica, el comportamiento de cada una de las etapas del equipo. Este objeto se compone de unas entradas, unos controles básicos, y unas salidas obtenidas de dichos controles aplicados a la entrada. Es un objeto muy parecido al Controlador, pero a un nivel inferior, es decir, el Controlador se encargaría de sincronizar y comunicar las etapas entre sí. Una etapa puede tener más de un control si se requiere. Las

etapas más habituales entre los equipos autónomos son la etapa de compresores más las etapas opcionales, como el Free-Cooling, resistencias eléctricas, baterías de apoyo, etc.

- *Controles*: Es el objeto más básico de control. Entre los implementados disponemos de Control Histéresis, Control Rampa, Control escalón etc.

3. Estrategia de control.

A continuación se va a particularizar el planteamiento anterior para la implementación del Free-Cooling en un equipo autónomo.

Los tres tipos de Free-Cooling implementados son:

- *Térmico*: En este caso el Free-Cooling se activará cuando la temperatura del exterior sea menor que la temperatura interior menos el parámetro "Delta de Temperatura" (1ºC por defecto) para el modo frío, y viceversa para el modo calor. Además, en el caso de Free-Cooling de frío, cuando éste está activo, desplazará los setpoints de los compresores un valor igual al "Diferencial Free-Cooling" + "Offset Free-Cooling".

- *Entápico*: El Free-Cooling se activará cuando la entalpía exterior sea menor que la entalpía interior menos el parámetro "Delta de Entalpía", (4180 J/kg por defecto), para modo frío y viceversa para calor.

- *Térmico-Entápico*: El Free-Cooling se activará cuando la entalpía exterior sea menor que la entalpía interior menos el parámetro "Delta de Entalpía", (4180 J/kg por defecto) y además la temperatura exterior sea menor que la temperatura interior menos 1ºC, para modo frío y viceversa para modo calor.

Para los tres casos, el control de la trampilla se realizará mediante una función rampa con la temperatura del local. El valor de la trampilla oscilará entre el 100% (todo el caudal de impulsión es aire exterior) y el valor mínimo que asegura la ventilación mínima del local.

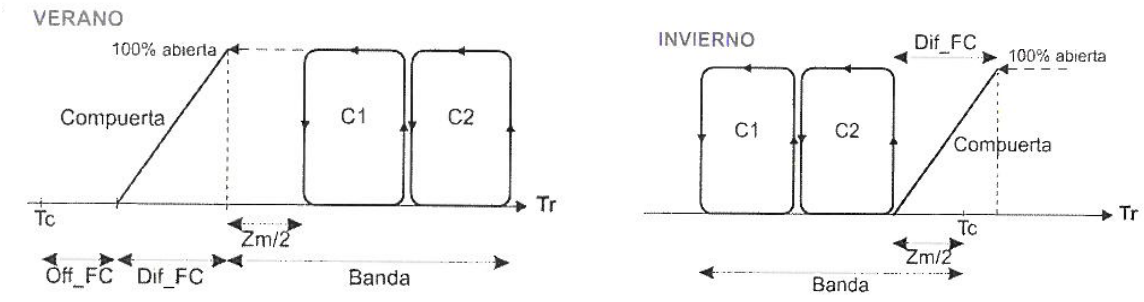


Fig. 2 Configuración de etapas para el autónomo. C1/2: Etapa compresor 1/2 con control por histéresis. Etapa Free-Cooling mediante control por rampa.

4. Resultados.

A continuación se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones realizadas para los distintos tipos de Free-Cooling y control. En las figura se representa la temperatura del espacio (azul), la temperatura exterior (verde), el porcentaje de apertura de la trampilla (roja) y la temperatura de impulsión del equipo (rosa).

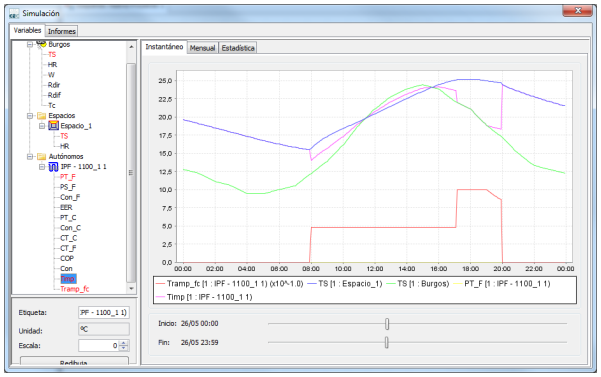


Fig. 3. Free-Cooling térmico.

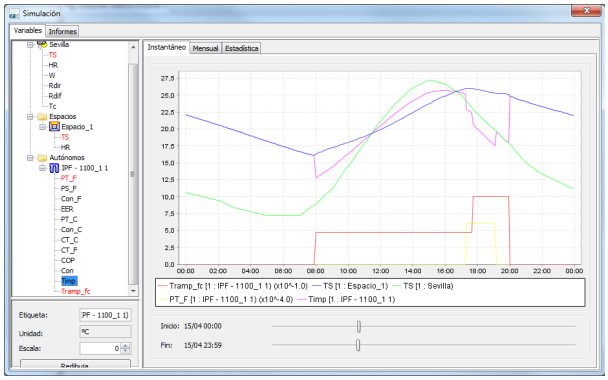


Fig. 4. Free-Cooling entálpico.

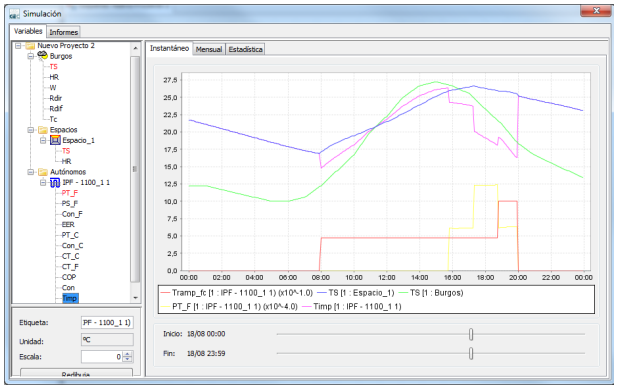


Fig. 5. Free-Cooling Termoentálpico

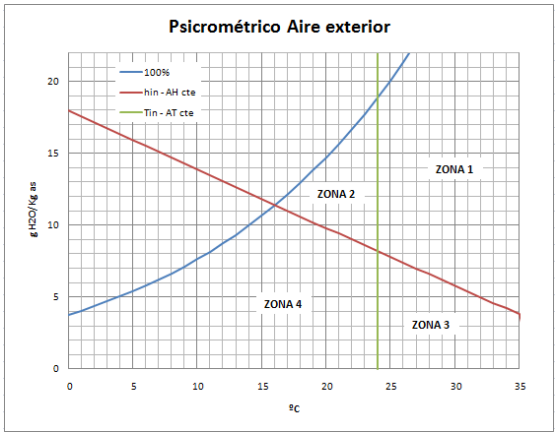


Fig. 6. Zonas de funcionamiento.

Se observa como el Free-Cooling entálpico es muy similar al térmico-entálpico. Así a continuación el estudio se centrará en analizar la viabilidad de este último y en qué casos es conveniente usar uno u otro. De este modo, la zona 3 es la zona objetivo a estudiar, ya que es la zona que diferencia el Free-Cooling entálpico del térmico-entálpico.

Los casos estudiados han sido:

Caso	Localidad	Edificio
Málaga1	Málaga	Edificio 1
Madrid1	Madrid	Edificio 1
Burgos1	Burgos	Edificio 1
Málaga2	Málaga	Edificio 2

Tabla 1. Casos estudiados para la comparativa entre entálpico y térmico-entápico.

El edificio 1 es el edificio tipo usado para las pruebas y depuración del autónomo. El edificio 2 tiene las mismas características constructivas que el edificio 1 pero se han aumentado las cargas internas. El

edificio 3 tiene las mismas cargas internas que el edificio 2 pero se ha modificado la geometría, de modo que se ha reducido el volumen del mismo.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación. Se representan los puntos simulados durante los meses de verano y se representan las diferencias de entalpia y temperatura exterior y la interior con el delta de entalpía (4.18 kJ/kg) y delta de temperatura (1ºC) respectivamente. Los casos han sido simulados con el equipo en modo AUTO y modo continuo.

Con los resultados obtenidos se puede deducir que un recuperador térmico-entálpico es apto para climas muy húmedos y en espacios donde la acumulación de humedad pueda ser grande.

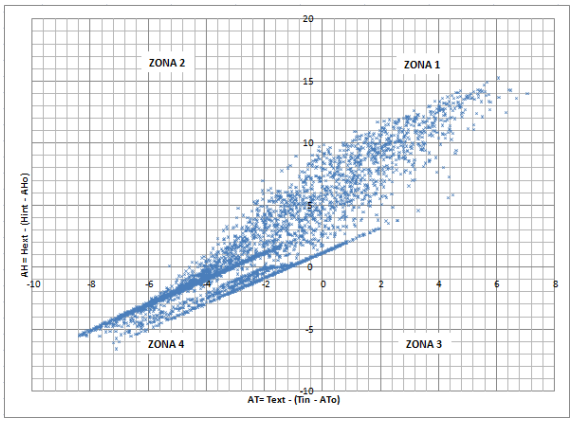


Fig. 7 Málaga 1.

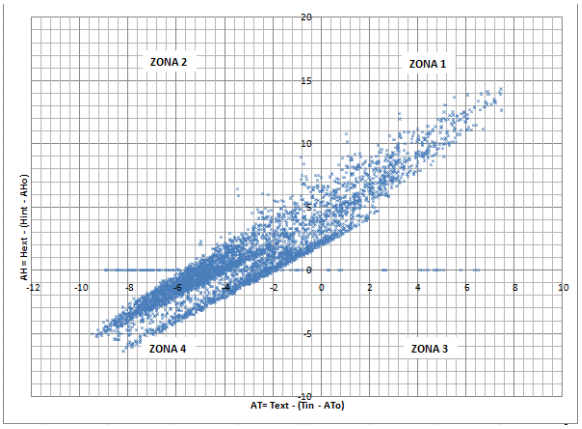


Fig. 8 Madrid 1.

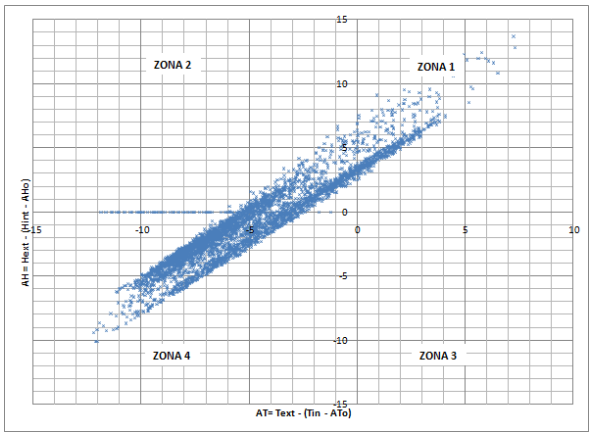


Fig. 9 Burgos 1.

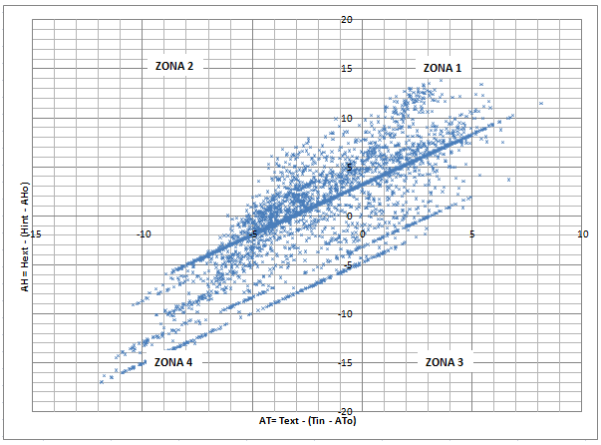


Fig. 10 Málaga 2.

5. Conclusiones.

En el presente trabajo de investigación se ha mostrado la implementación de un nuevo modelo de simulación para sistemas de climatización integrado en un modelo explícito de tiempo de simulación corto.

Con dicho modelo se ha implementado un sistema autónomo real con Free-Cooling. El modelo se ha validado con datos de equipos reales. Con esta herramienta ya es posible conocer el potencial de ahorro conseguido con este tipo de técnicas.

Además se ha realizado una comparación entre los distintos tipos de Free-Cooling, y se ha puesto de manifiesto que en algunas condiciones el Free-Cooling entálpico puede ser perjudicial.

Referencias.

[1] Luis Perez-Lombard, Jose Ortiz, Christine Pout, A review on buildings energy consumption information, Energy and Buildings, Volume 40, Issue 3, 2008, Pages 394-398.

[2] Directive 2002/91/CE of the European Parliament and of the Council of 16. December 2002 on the energy performance of buildings, 2002.

[3] Hoy-Yen Chan, Saffa B. Riffat, Jie Zhu, Review of passive solar heating and cooling technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 14, Issue 2, February 2010, Pages 781-789.

[4] B. Givoni, Options and applications of passive cooling, Energy and Buildings, Volume 7, Issue 4, December 1984, Pages 297-300.

[5] N. Cardinale, M. Micucci, F. Ruggiero, Analysis of energy saving using natural ventilation in a traditional Italian building, Energy and Buildings, Volume 35, Issue 2, February 2003, Pages 153-159.

[6] Belen Zalba, Jose M. Marin, Luisa F. Cabeza, Harald Mehling, Free-cooling of buildings with phase change materials, International Journal of Refrigeration, Volume 27, Issue 8, December 2004, Pages 839-849.

[7] V. Antony Aroul Raj, R. Velraj, Review on free cooling of buildings using phase change materials, Renewable and Sustainable Energy Reviews, In Press, Corrected Proof, Available online 21 July 2010.

[8] Ruben Baetens, Bjorn Petter Jelle, Arild Gustavsen, Phase change materials for building applications: A state-of-the-art review, Energy and Buildings, Volume 42, Issue 9, September 2010, Pages 1361-1368.

[9] Jose A. Orosa, Armando C. Oliveira, Energy saving with passive climate control methods in Spanish office buildings, Energy and Buildings, Volume 41, Issue 8, August 2009, Pages 823-828.

[10] Gopal P. Maheshwari, Hanay Al-Taqi, Raba'a Al-Murad, Rajinder K. Suri, Programmable thermostat for energy saving, Energy and Buildings, Volume 33, Issue 7, September 2001, Pages 667-672.

[11] Renato M. Lazzarin, Introduction of a simple diagram-based method for analyzing evaporative cooling, Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issues 11-12, August 2007, Pages 2011-2025.

[12] Saso Medved, Ciril Arkar, Correlation between the local climate and the free-cooling potential of latent heat storage, Energy and Buildings, Volume 40, Issue 4, 2008, Pages 429-437.

[13] Ana Lazaro, Pablo Dolado, Jose M. Marin, Belen Zalba, PCM-air heat exchangers for free-cooling applications in buildings: Empirical model and application to design, Energy Conversion and Management, Volume 50, Issue 3, March 2009, Pages 444-449.

[14] Cristian Ghiaus, Francis Allard, Potential for free-cooling by ventilation, Solar Energy, Volume 80, Issue 4, Urban Ventilation, April 2006, Pages 402-413.

[15] C. Arkar, S. Medved, Free cooling of a building using PCM heat storage integrated into the ventilation system, Solar Energy, Volume 81, Issue 9, CISBAT 2005, September 2007, Pages 1078-1087.

[16] N. Cardinale, M. Micucci, F. Ruggiero, Analysis of energy saving using natural ventilation in a traditional Italian building, Energy and Buildings, Volume 35, Issue 2, February 2003, Pages 153-159.

[17] Pieter de Wilde, Marinus van der Voorden, Providing computational support for the selection of energy saving building components, Energy and Buildings, Volume 36, Issue 8, Performance Simulation for Better Building Design, August 2004, Pages 749-758.

[18] Drury B. Crawley, Linda K. Lawrie, Frederick C. Winkelmann, W. F. Buhl, Y. Joe Huang, Curtis O. Pedersen, Richard K. Strand, Richard J. Liesen, Daniel E. Fisher, Michael J. Witte, Jason Glazer, EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program, Energy and Buildings, Volume 33, Issue 4, April 2001, Pages 319-331.

[19] William A. Beckman, Lars Broman, Alex Fiksel, Sanford A. Klein, Eva Lindberg, Mattias Schuler, Jeff Thornton, TRNSYS The most complete solar energy system modeling and simulation software, Renewable Energy, Volume 5, Issues 1-4, Climate change Energy and the environment, August 1994, Pages 486-488

[20] DOE -2 Engineers Manual Version 2.1A

Aplicación de CFD a la simulación de sistemas de difusión de aire acondicionado

Francisco Javier González Gallero[1], Ismael Rodríguez Maestre[1] and Nicolás Neleo Sánchez Cañamero[1]

[1] Grupo de Investigación en Ingeniería Térmica (iiTer). Escuela Politécnica Superior de Algeciras, Universidad de Cádiz. Avda. Ramón Puyol S/N 11202 Algeciras, España (javier.gallero@uca.es)

Abstract. The purpose of air distribution systems for HVAC is to create proper air quality and thermal conditions in an occupied zone. In mixing type systems air is supplied into a room through various types of outlets and distributed by turbulent air jets. These air jets are the major factors affecting room air motion. This article describes modeling results from CFD simulation of an air grille diffuser (RTHV 300x150). Although simplified methods (e.g., momentum method, box method) are commonly used, direct description method has been employed here. κ-ε model, which is used extensively for air diffuser performance, have been chosen to model turbulence under isothermal conditions. A mesh independence study has also been carried out. Results show that CFD can be a useful tool to design, study and predict characteristic parameters of air diffusion like velocity distribution, effective discharge velocity and pressure loss. Regarding jet´s throw, simulations gave significantly differet values than those provided by manufacturer.

Keywords: Air jet, Air diffuser, Computational Fluid Dynamics (CFD) .

1. Introducción

El objetivo principal de los sistemas de difusión de aire acondicionado es crear las condiciones térmicas y de calidad del aire adecuadas en la zona de ocupación. En sistemas de difusión por mezcla, el aire es suministrado a la habitación desde diferentes tipos de elementos difusores de salida, distribuyéndose mediante lo que se conoce como jets turbulentos de aire [1]. Hay cuatro zonas que pueden identificarse en un jet libre isotermo una vez que penetra en un espacio (véase Fig. 1), que corresponden a cuatro modelos del proceso de difusión. V_x es la velocidad en la línea central del jet, U_0 es la velocidad de suministro, A_0 el área efectiva y x la distancia al elemento difusor. En la zona 1 ó zona potencial, la velocidad central es igual a la de suministro. En la zona 2, o zona de desarrollo, la interacción entre el jet y el aire circundante, da lugar a capas límites entre ambas regiones, provocando que la velocidad del jet disminuya de manera progresiva ($V_x \sim x^{-1/2}$). En la zona 3 ó zona de flujo desarrollado, las capas límites se han desarrollado por completo y un flujo turbulento generado por el esfuerzo viscoso del borde de la capa límite domina la región. Esta región, en la que los perfiles transversales de velocidad son autosemejantes, es la dominante para difusores con bajas tasas de aspecto, y en ella, $V_x \sim x^{-1}$. En la zona 4 ó terminal, el jet colapsa y no se puede distinguir del aire circundante debido a la rápida difusión ($V_x \sim x^{-2}$).

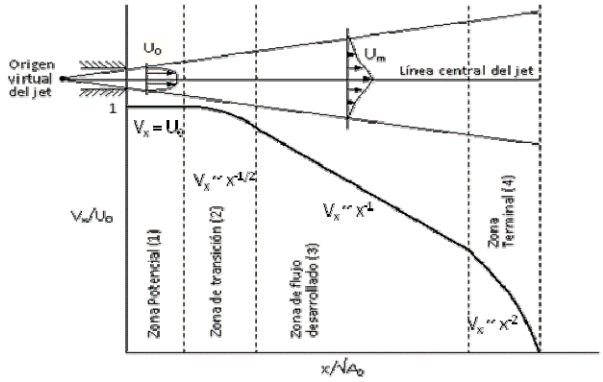


Fig. 1. Zonas de desarrollo de un jet isotermo.

La longitud de cada una de las zonas depende fundamentalmente de la geometría de la abertura y en menos proporción de las características turbulentas del flujo en el elemento difusor. En los jets planos, dominan las regiones 1 y 2, mientras que en los axisimétricos (jet libres tridimensionales) dominan las zonas 1 y 3. Hay varios métodos estándar para evaluar el funcionamiento de un elemento difusor. Todos definen y establecen la forma para evaluar el alcance, el desarrollo y la caída de parámetros significativos de los difusores [2]. El alcance de un elemento difusor se define como la distancia horizontal o la distancia axial vertical que el aire viaja hasta alcanzar una velocidad terminal específica (comúnmente 0.25 m/s). ASHRAE [3] propone un método analítico sencillo, basado en las dependencias observadas de la velocidad en la línea central del jet para estimar el alcance del mismo.

En este artículo se describen las simulaciones CFD del flujo de aire suministrado por una de las configuraciones de rejilla difusora denominada RTHV 300x150. Para la realización de dichas simulaciones se ha utilizado el software ANSYS-CFX, siguiéndose las etapas habituales de cualquier código CFD [4], es decir: *Creación de la geometría y discretización* (malla) del dominio de flujo. *Pre-procesamiento*: En esta etapa se define la Física del modelo, propiedades del fluido, condiciones de contorno y modelado de la turbulencia. *Resolución*: El motor de cálculo resuelve, mediante el método de volúmenes finitos, las ecuaciones (no-lineales) que gobiernan el flujo (ecuaciones de continuidad, de cantidad de movimiento y de energía). *Post-procesamiento*: Visualización y análisis de los resultados.

Aunque en la literatura al respecto se suelen emplear métodos simplificados como el método básico, el método de cantidad de movimiento, el método caja, etc. [5], en este trabajo se ha optado por una descripción detallada del elemento difusor y del dominio de flujo. La descripción más directa del elemento difusor es la representación mediante un modelo 3D, incluyendo los detalles más significativos de la configuración. Los resultados de las simulaciones parecen ser satisfactorios, si bien el coste computacional es lógicamente mucho mayor que en los modelos simplificados anteriores. Se ha tratado de evitar posibles problemas de convergencia limitando las tasas de aspecto en las mallas empleadas. Para modelar la turbulencia se ha empleado, de manera general, el modelo κ-ε, con funciones pared, por ser el más usado para la predicción numérica de flujos industriales. En general, y con el objeto de validar las simulaciones, se ha tratado de reproducir fielmente algunos de los tests experimentales llevados a cabo para la RTHV 300x150. En dichas experiencias se midieron la distribución de velocidad en el conducto de emboque a la rejilla, la pérdida de carga y la velocidad efectiva a la salida de la rejilla. Con el objeto de asegurar la consistencia de los resultados de la simulación, se realizó un estudio de la dependencia de los mismos frente al grado de discretización del dominio de flujo. Para ello se emplearon mallas cada vez más densas hasta observar que los resultados

no variaban de manera significativa. Las simulaciones mostraron pérdidas de carga muy similares a las experimentales y ligeras discrepancias en las velocidades a la salida del elemento difusor. Sin embargo, los valores del alcance, parámetro que no fue medido experimentalmente en los tests, resultaban sensiblemente diferentes a los derivados de la ficha técnica de la rejilla difusora.

2. Metodología

2.1 Test experimentales

La rejilla (RTHV 300x150) fue sometida a una serie de ensayos experimentales con el objeto de determinar algunos de los parámetros característicos de este elemento difusor, como la velocidad efectiva de salida y la pérdida de carga. No se determinó experimentalmente el alcance del jet en la habitación de ensayo. Una imagen de la rejilla, así como de su disposición en los ensayos se puede ver en la Fig. 2.

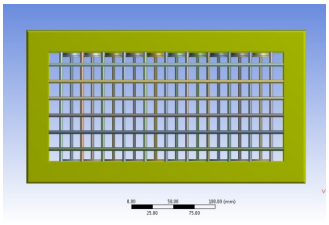
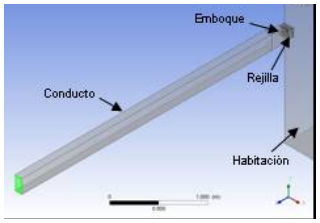
a)  b) 

Fig. 2. a) Rejilla RTHV 300x150. b) Disposición del conducto de emboque y habitación de ensayos experimentales.

El conducto de entrada presenta una sección de 200mm x 200mm, mientras que la rejilla tiene una sección de 300mm x 150mm, lo que obligó a elaborar un emboque de acoplamiento, de 200 mm de longitud. La longitud del conducto de entrada es de 360 cm (distancia ventilador-rejilla no inferior a nueve veces el diámetro hidráulico del conducto), de forma que el flujo se halle totalmente desarrollado. Los caudales ensayados fueron de 350, 446 y 820 m^3/h, lo que conducía a velocidades medias en conducto de 2.45, 3.1 y 5.7 m/s, respectivamente.

La pérdida de carga se ha estimado midiendo la presión estática en cuatro puntos del conducto de emboque y considerando la presión estática relativa cero a la salida del elemento difusor. En cuanto a la velocidad efectiva, se ha valorado midiendo la velocidad en puntos del plano de salida de la rejilla (véase Fig. 4a.)

2.2 Modelo CFD

La geometría del dominio de flujo ha tratado de reflejar los diferentes detalles del experimento. Se han realizado simplificaciones menores en la geometría original de la rejilla, como eliminación de bielas, burletes, marcos, etc., y se ha considerado una habitación de dimensiones 4.5m de ancho, 3m de alto y 20m de largo, siguiendo las directrices recogidas en la norma UNE 100-710-92 [6], sobre *Ensayo de laboratorio y presentación de las características aerodinámicas de las bocas de aire*. Debido a la simetría del dominio de flujo, sólo se ha considerado la mitad del dominio real, lo que ha permitido disminuir el coste computacional de las simulaciones. La discretización del dominio o mallado se ha llevado a cabo utilizando elementos tetraédricos en el volumen del dominio y elementos prismáticos cerca de las superficies sólidas más relevantes (como superficie de conductos y aletas de la rejilla), con el objeto de capturar los fuertes gradientes de velocidad que se producen en las capas límite. Se han empleado varias mallas para asegurar así la independencia de los parámetros del flujo con el grado

de discretización. La malla inicial (malla 1) más gruesa consta de 7664754 elementos, la malla intermedia (malla 2), de 10892440 elementos y la más fina (malla 3), de 21533499 elementos. De forma progresiva se ha ido disminuyendo la escala de longitud característica en cada caso. En cada malla se han definido capas infladas alrededor de las aletas de la rejilla y en las paredes del conducto de entrada, con un espesor tal que el primer nodo se hallara en la zona turbulenta de la capa límite. Se ha considerado una línea de control de malla en la zona esperada de desarrollo del jet, con unas escalas de control de menor tamaño que en el resto de la habitación. En la Fig. 3 se pueden visualizar la línea y puntos de control de malla en la habitación, así como detalles de la capa inflada alrededor de una de las aletas horizontales de la rejilla difusora. La calidad de las mallas utilizadas fue analizada a través de parámetros de calidad de la misma como la tasa de aspecto y el ángulo de ortogonalidad de los elementos.

a)

b)

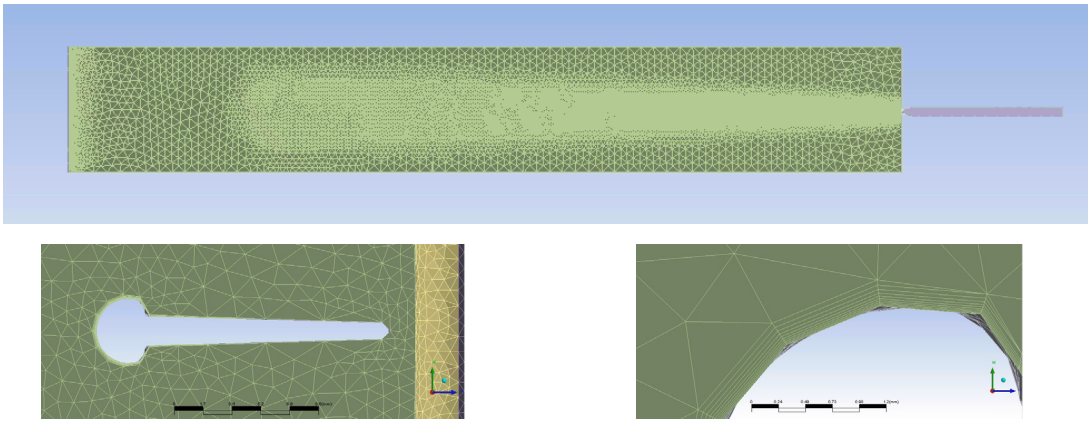


Fig. 3. Detalles de la malla. a) Línea de control en la zona de desarrollo del jet. b) Capa inflada en torno a aleta.

En la fase de preprocesamiento se definieron las condiciones de contorno del dominio de flujo. Así, se especificó un perfil de velocidad media uniforme a la entrada del conducto, correspondiente al flujo medido en los tests experimentales (350, 446 y 820 m^3/h). La resolución del modelo CFD se ha realizado mediante el programa comercial ANSYS-CFX. Se ha considerado el problema de difusión en estado estacionario, en condiciones de flujo isotermo y las ecuaciones de transporte se han discretizado mediante la técnica de volúmenes finitos. Así, las ecuaciones de presión y cantidad de movimiento se discretizaron según un esquema upwind de segundo orden. El acoplamiento presión-velocidad se ha resuelto mediante el algoritmo SIMPLE implementado por el software. Las ecuaciones de energía cinética turbulenta y tasa de disipación viscosa se discretizaron según un esquema upwind de primer orden. Finalmente, el acoplamiento entre el flujo cercano a la superficie y el modelo turbulento se realizó mediante funciones pared escalables. El objetivo de convergencia se fijó en un error cuadrático medio de 10^{-4} para las componentes de velocidad. Dado que no se han realizado estimaciones experimentales del alcance del jet, se han comparado los resultados obtenidos por las simulaciones CFD con los derivados de la aplicación de métodos simplificados como el descrito por ASHRAE [3].

3. Resultados

En la Fig. 4a se muestran los puntos de medida de la velocidad de salida (en azul) y de pérdida de carga (en rojo) del elemento difusor, tanto en el ensayo experimental como en la simulación CFD.

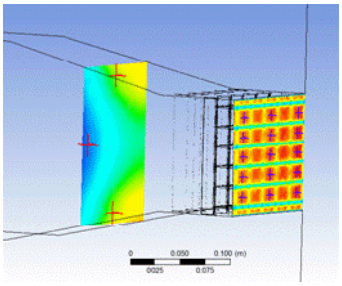
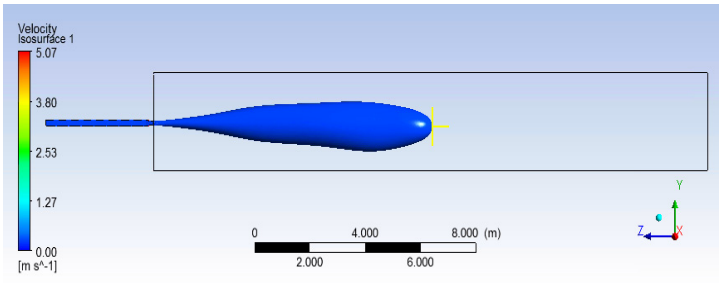
a)  b) 

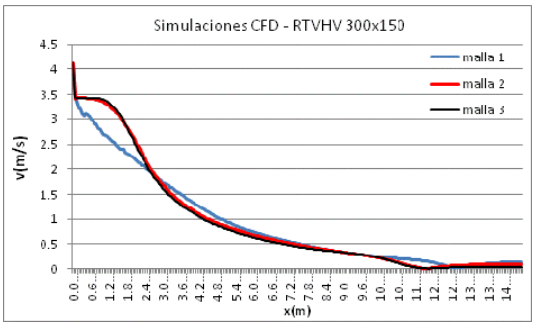
Fig. 4. a) Puntos de medida de velocidad de salida y de medida de pérdida de carga. b) Isosuperficie de velocidad a 0.25 m/s y estimación del alcance en simulaciones CFD.

En la Tabla 1, y Fig. 5 y Fig. 6, se resumen los resultados de los diferentes parámetros medidos y simulados. Para la velocidad en los diferentes puntos del plano de salida se obtienen valores superiores, especialmente para la última condición de flujo (28% de error relativo). Sin embargo, las pérdidas de carga resultan muy similares a las medidas experimentalmente (errores relativos inferiores al 18%). El alcance se ha estimado considerando el punto de la línea central del jet, en el que la velocidad se reduce a 0.25 m/s. Este punto se localiza fácilmente en la fase de postprocesamiento, visualizando la isosuperficie de velocidad 0.25 m/s (véase Fig. 4b). En la Fig. 5a se ha representado la dependencia de la velocidad con la posición en la línea central del jet, así como su valor en función de la malla utilizada. Como se puede observar, los resultados obtenidos con la malla 3 resultan muy similares a los estimados con la malla 2, por lo que el grado de discretización de ésta se puede considerar aceptable. Para los alcances, se han comparado los valores simulados con los obtenidos mediante una sencilla interpolación extraída de los datos de catálogo del fabricante, y con los calculados mediante el método propuesto por ASHRAE [3].

Como se puede extraer de la Tabla 1, los valores iniciales de alcance son similares a los proporcionados por el método de ASHRAE, si bien la tendencia de crecimiento predicha por las simulaciones CFD resulta muy diferente al comportamiento definido tanto por los valores de catálogo, como por ASHRAE. Por tanto, sería muy conveniente el desarrollo de medidas experimentales de este importante parámetro del elemento difusor, con el objeto de ajustar y validar las simulaciones CFD.

Flujo volumétrico (m^3/h)	**$v_{efectiva}$ (m/s)**		**ΔP (Pa)**		**Alcance (m)**		
	Test exp.	**Simulación CFD**	**Test exp.**	**Simulación CFD**	**Interpolación catálogo**	**ASHRAE**	**Simulación CFD**
350	3.1	4.0	5.0	5.9	6.9	9.5	10.0
446	4.4	5.0	9.7	9.2	8.8	12.2	10.7
820	7.2	9.2	26.1	29.6	16.1	22.4	11.5

Tabla 1. Resumen de resultados experimentales y de las simulaciones CFD.

a) 

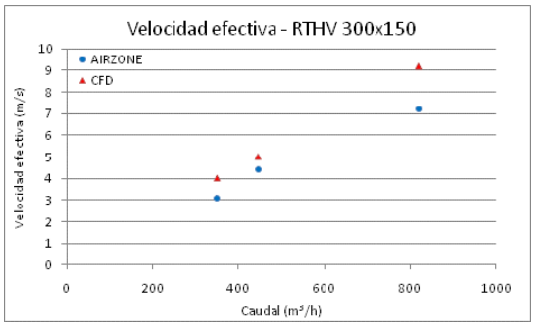
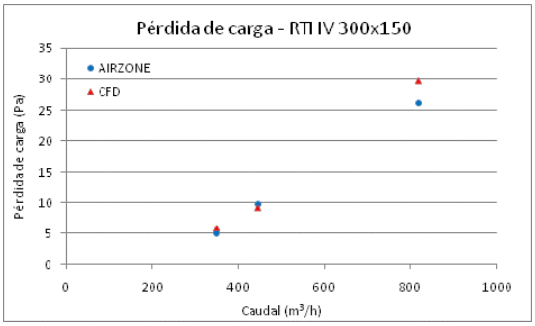
b) 

Fig. 5. a) Velocidad en la línea central del jet según la malla simulada. Flujo 350 m^3/h. b) Velocidad efectiva en plano de salida de la rejilla RTHV 300x150.

a) 

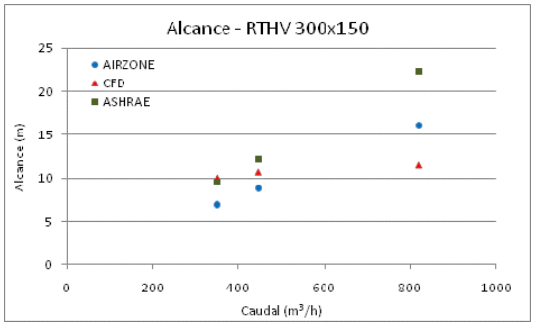
b) 

Fig. 6. a) Pérdida de carga en rejilla RTHV 300x150. b) Alcance. Rejilla RTHV 300x150.

Referencias

[1] Air jets in ventilation applications. Zou Yue. Royal Institute of Technology (KTH), Building Services Engineering. Bulletin Nº5. Sweeden, 2001.

[2] A systematic approach to describe the air terminal device in CFD simulation for room air distribution analysis. Huo Y, Haghighat F, Zhang JS, Shaw CY. Building and Environment 2000, 35, 563–76.

[3] ASHRAE Handbook – Fundamentals, 2005.

[4] Computational Fluid Dynamics: A practical approach. Tu, Jiyuan; Yeoh, Guan Heng; Liu, Chaoqun. Elsevier, 2008.

[5] Simplified numerical models for complex air supply diffusers. Srebric, J. and Chen, Q. HVAC&R Research, 2002, 8(3), 277-294.

[6] Norma UNE 100-710-92, marzo 1992. Climatización, Distribución y Difusión del aire. Ensayo de laboratorio y presentación de las características aerodinámicas de las bocas de aire.

Dispersive liquid-liquid microextraction for nickel determination

F. Sánchez Rojas, C. Bosch Ojeda, J.M. Cano Pavón

Department of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Málaga, Campus Teatinos s/n, 29071 Málaga, Spain fsanchezr@uma.es; cbosch@uma.es; jm_cano@uma.es

Abstract. The optimization of a preconcentration method for nickel by means of dispersive liquid-liquid microextraction is proposed as previous step to its determination by flame atomic absorption spectrometry. All chemical variables that influence on the formation and extraction of nickel complex have been optimized and the analytical characteristics of the method were obtained. The proposed method has been applied to the nickel determination in environmental samples (waters, plants), foods and BCR-176 standard reference material with good recovery.

Keywords: Nickel, Dispersive liquid-liquid microextraction, Environmental samples, FAAS.

1. Introducción.

Las fuentes de contaminación ambiental por níquel incluyen la producción y procesamiento de dicho elemento y la eliminación de los residuos que lo contienen. El níquel se encuentra en la atmósfera debido a la quema de combustibles fósiles y la incineración de basuras, principalmente en forma de aerosoles, que cubren un amplio espectro de tamaños. Estos aerosoles atmosféricos son removidos por sedimentación gravitacional seca y/o húmeda. Las especies asociadas a la combustión, incineración, fundición y refinación de metales son, a menudo, óxidos y óxidos complejos de níquel, sulfato de níquel y níquel metálico; y en las industrias más especializadas, silicato de níquel y cloruro de níquel. La lixiviación directa de las rocas y sedimentos pueden producir concentraciones significativas de níquel en el agua cuando se presenta de forma disuelta, así como partículas insolubles en suspensión. También puede llegar al agua por descargas antropogénicas y por escorrentía. Este níquel puede acumularse en sedimentos, con la adsorción del metal en el suelo en función del pH, potencial redox, fuerza iónica del agua, concentraciones de iones semejantes y la concentración de metales [1].

Diferentes estudios muestran que altas concentraciones de níquel en suelos arenosos pueden dañar a plantas, y altas concentraciones en aguas superficiales pueden disminuir el rango de crecimiento de las algas. También hay microorganismos que pueden sufrir una disminución del crecimiento debido a su presencia, pero normalmente desarrollan resistencia. Para los animales es un elemento esencial, en pequeñas cantidades, pero puede ser peligroso cuando se excede la máxima cantidad tolerable. Esto puede causar diferentes tipos de cánceres y se da sobre todo en aquellos que viven cerca de refinerías [2].

La extracción tradicional con disolventes se ha utilizado durante muchos años como el método básico de preconcentración, sin embargo, se requieren grandes cantidades de disolventes orgánicos tóxicos e inflamables y, actualmente, se están investigando y utilizando técnicas que respeten el medio ambiente

y reduzcan el coste de los análisis, mediante la reducción o eliminación total de los disolventes orgánicos.

Las investigaciones recientes se han centrado en el desarrollo eficiente, económico y de minimizar la preparación de las muestras. La extracción en el punto de niebla (CPE), extracción homogénea líquido–líquido (HLLE) y microextracción en gotas (SDME) son métodos bastantes novedosos, que se han utilizado en la separación y preconcentración de diversas especies, y pueden resolver algunos de los problemas encontrados en las técnicas convencionales de pre–tratamiento de muestras.

La microextracción dispersiva líquido-líquido (DLLME), que fue introducida por Rezaee y sus colaboradores en 2006 [3], se ha convertido en una popular técnica de preparación de muestras, que es respetuosa con el medio ambiente, debido a que es rápida, segura, barata, fácil de operar, proporciona factores de enriquecimiento altos, se aumenta considerablemente el límite de detección del método con un bajo consumo de disolventes orgánicos.

La DLLME es un método modificado de extracción con disolventes, en el que hay una relación entre las fases aceptor–donante enormemente reducida en comparación con otros métodos. Consta de dos pasos: 1. La inyección de una mezcla apropiada de disolvente extractor y dispersor en la muestra acuosa. 2. Centrifugación de la disolución turbia. Cuando la mezcla de fase extractante y dispersora se inyecta rápidamente en la muestra, se produce una alta turbulencia. Este régimen turbulento da lugar a la formación de pequeñas gotas, que están dispersas en toda la muestra acuosa y dan un área interfacial muy grande, por lo que el estado de equilibrio se alcanza rápidamente y, por lo tanto, el tiempo de extracción es muy corto.

En este trabajo, se expone la optimización de un método de preconcentración de níquel mediante microextracción dispersiva líquido-líquido como paso previo a su determinación por espectrofotometría de absorción atómica de llama. Se han optimizado todas las variables químicas que influyen en la microextracción del complejo de níquel-1,5 bis (di-2-piridilmetilen)tiocarbohidracida. El método propuesto se ha aplicado a la determinación de níquel en diversas muestras medioambientales (aguas, plantas) y alimentos con buenos porcentajes de recuperación.

2. Desarrollo del problema.

En los siguientes apartados se expone el procedimiento de optimización de la extracción dispersiva líquido-líquido para la preconcentración de níquel previa a su determinación por absorción atómica de llama. En la figura 1 se muestra el esquema del procedimiento previo realizado.

Todos los reactivos utilizados en el desarrollo experimental fueron adquiridos a diferentes firmas comerciales, de reconocido prestigio analítico. Para la preparación de las disoluciones y la limpieza del material de laboratorio, se utilizó agua destilada y desionizada (18 µs) de un desionizador MILI Q (Millipore, Bedford, EE.UU.).

2.1. Síntesis del reactivo.

Se disuelve un gramo de tiocarbohidracida en la mínima cantidad posible de agua desionizada (80–100 mL). Se añade, a continuación, 4.3 gr. de di-2-piridilcetona disueltos en 20 mL de etanol, y unas gotas de ácido acético glacial. La mezcla se calienta a reflujo durante 3-4 horas. Se obtiene un precipitado amarillo de 1,5–bis(di-2-piridilmetilen)tiocarbohidracida (DPTH), que se lava y recristaliza en etanol caliente [4].

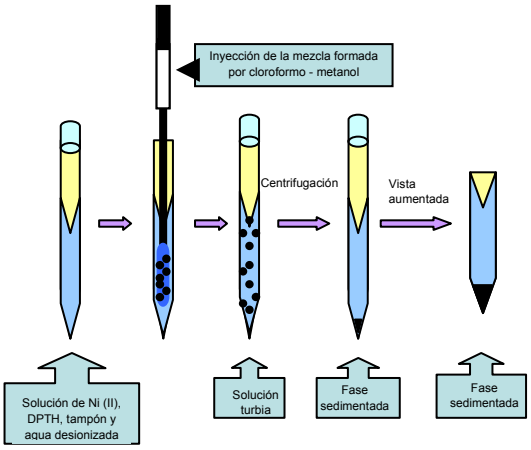


Fig 1 Esquema del procedimiento de microextracción.

2.2. Optimización de las variables experimentales.

Las variables que influyen en el sistema, son las siguientes: pH, concentración de reactivo, concentración de tampón, fuerza iónica del medio, disolvente dispersor, disolvente extractor.

2.2.1. Influencia del pH.

Se ha estudiado un intervalo de pH comprendido entre 4-8. Se preparan varias disoluciones en tubos de ensayos que contienen todos ellos 0.5 mL de níquel de 10 ppm (500 ppb), 1 mL de DPTH 0.05% en DMF, 2 mL de tampón de diferentes pH y completamos con agua desionizada hasta 10 mL. Las disoluciones tampón estudiadas son HAc/NaAc 0.2 M y tampón fosfato 0.2 M. Se extrae con una disolución de 0.5 mL de cloroformo y 1 mL de metanol.

Se realiza el procedimiento de microextracción dispersiva líquido-líquido, introduciendo con una microjeringa la mezcla cloroformo/metanol y se agita. Se centriguga durante 5 minutos a 3800 rpm, y se extrae el disolvente extractor con la microjeringa. Se realizan dos tandas de experimentos, exponiéndose en la figura 2 la media de los resultados. Se obtiene un intervalo de pH comprendido entre 4.4 y 6.0 donde la absorbancia es máxima. Se ha seleccionado pH 5.4 para posteriores experiencias.

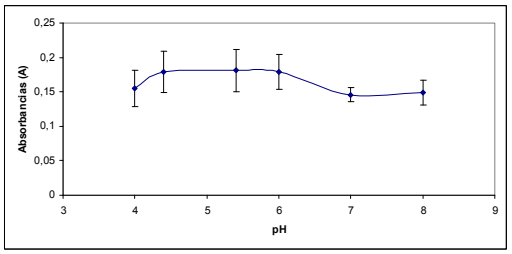


Fig 2 Influencia del pH.

2.2.2. Optimización de la concentración de reactivo.

A partir de la disolución de DPTH 0.05% en DMF, ensayamos diferentes volúmenes de reactivo. En todos los tubos de ensayo la concentración de níquel se ha fijado en 500 ppb. Añadimos 0.5 mL de níquel de 10 ppm, 2 mL de tampón ácido acético/acetato sódico 0.2 M a pH = 5.4, distintos volúmenes del reactivo DPTH 0.05% en DMF, y completamos hasta 10 mL con agua desionizada. Se realiza el procedimiento de microextracción dispersiva líquido – líquido, como se ha explicado en el apartado anterior, inyectando con una microjeringa una mezcla de 0.5 mL de cloroformo y 1 mL de metanol. Se centrifuga durante 5 minutos a 3800 rpm, y se extrae el disolvente extractor con la microjeringa. Los

resultados obtenidos se representan en la figura 3, de la que deduce un volumen de reactivo óptimo de 1 mL al 0.05% en DMF ($5x10^{-3}$%).

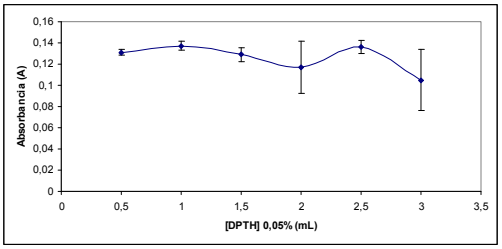


Fig 3 Influencia del volumen de reactivo DPTH 0.05% en DMF.

2.2.3. Influencia de la concentración de tampón.

A partir de tampón ácido acético/acetato sódico 0,2 M de pH = 5.4, se ensayan diferentes volúmenes de dicho tampón. En todos los tubos de ensayo la concentración de níquel se ha fijado en 500 ppb. Se añade 0.5 mL de níquel de 10 ppm, distintos volúmenes de tampón ácido acético/acetato sódico 0.2 M de pH=5.4, 1 mL del reactivo DPTH 0.05% en DMF, y completamos hasta 10 mL con agua desionizada. Extraemos a continuación con una mezcla de 0.5 mL de cloroformo y 1 mL de metanol. Los resultados obtenidos tras realizar el procedimiento de microextracción se representan en la figura 4, seleccionando como óptimo para posteriores experiencias un volumen de 2 mL de disolución tampón.

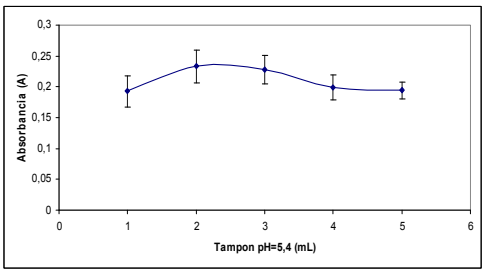


Fig. 4 Influencia de la concentración de tampón ácido acético/acetato sódico 0.2 M pH = 5.4.

2.2.3. Influencia de la fuerza iónica del medio.

Se ha estudiado añadiendo distintos volúmenes de una disolución de NaCl al 10%. Se realiza el procedimiento de microextracción dispersiva líquido–líquido, como se ha explicado en apartados anteriores. Se introducen en tubos de ensayo la disolución de níquel, el tampón, el reactivo DPTH, la disolución de NaCl y el agua desionizada y agitamos. A continuación se introduce con una microjeringa la mezcla cloroformo/metanol y se agita. Se centrifuga durante 5 minutos a 3800 rpm, y se extrae el disolvente extractor con la microjeringa. Se realizan dos tandas de experimentos, los resultados obtenidos cuando se miden las absorbancias de las disoluciones ponen de manifiesto que la concentración de NaCl no influye en la microextracción.

2.2.4. Optimización del volumen de disolvente dispersor.

Con los valores óptimos de las variables estudiadas hasta el momento, se investiga la influencia del agente dispersor en la preconcentración de níquel mediante DLLME. Para ello se preparan distintas mezclas de disolvente extractor y disolvente dispersor. Se procede igual que en apartados anteriores fijando la concentración de níquel en 500 ppb. Se introducen en los tubos de ensayo la disolución de níquel, el tampón, el reactivo DPTH y el agua desionizada y se agita. Después se introduce con una microjeringa la mezcla cloroformo/metanol y se agita. Se centrifuga durante 5 minutos a 3800 rpm, y

se extrae el disolvente extractor con la microjeringa. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 5 de la que se deduce un volumen óptimo de 1 mL de metanol.

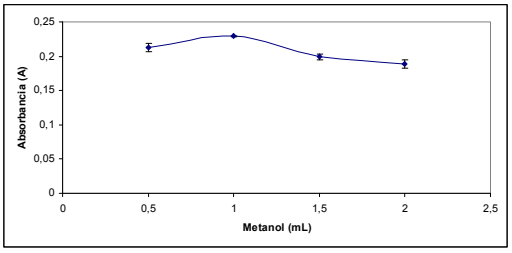


Fig. 5 Influencia del volumen de metanol.

2.2.5. Influencia del volumen de disolvente extractor.

Se han preparados dos serias idénticas de tubos de ensayo conteniendo todos ellos en un volumen final de 10 mL, 500 ppb de níquel, 1 mL de DPTH 0.05% en DMF, 2 mL de disolución tampón de pH=5.4, agua desionizada. Se preparan diferentes mezclas de disolvente extractor con 1 mL de metanol, se inyectan con la microjeringa, se agita y se centrifuga durante 5 min a 3800 rpm. Se extraen los diferentes volúmenes de cloroformo con la microjeringa y se miden las absorbancias de las disoluciones así obtenidas. Los resultados obtenidos media de tres determinaciones se representan en la tabla 1. Deduciéndose que con 0.3 mL de cloroformo se obtiene mejor relación de preconcentración.

Cloroformo (mL)	Absorbancia
0.3	0.464
0.4	0.295
0.5	0.211
0.7	0.166

Tabla 1. Influencia del volumen de cloroformo

2.2.6. Otros disolventes extractores.

En todos los tubos de ensayo la concentración de níquel se ha fijado en 500 ppb. Se añade 0.5 mL de níquel de 10 ppm, 2 mL de tampón ácido acético/acetato sódico 0.2 M a pH = 5.4, 1 mL del reactivo DPTH 0.05% en DMF, y completamos hasta 10 mL con agua desionizada. Extraemos a continuación con una mezcla de 0.5 mL de varios disolventes extractores (cloroformo, tetracloruro de carbono, diclorometano) y 1 mL de metanol. Los resultados se muestran en la figura 6. Con diclorometano se obtienen mayores lecturas, pero es debido a que el volumen del disolvente extractor obtenido es mucho menor y, además, las lecturas son muy próximas a las obtenidas cuando se reduce el volumen de cloroformo a 0.3 mL. El estudio siguiente se realiza con 0.5 mL de cloroformo como disolvente extractor para tener una mejor operatividad, debido a que se obtienen un mayor número de réplicas en el espectrómetro de absorción atómica de llama (FAAS).

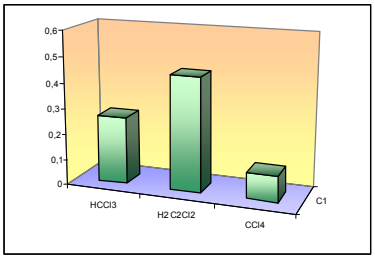


Fig. 6 Diferentes agentes extractantes.

2.3. Procedimiento optimizado.

En tubos de ensayo de 10 mL que contienen cantidades variables de una disolución de níquel, se añaden 1 mL de DPTH al 0.05% en DMF, 2 mL de tampón ácido acético/acetato sódico de pH=5.4 (preparado mediante la adición de 8.8 mL de ácido acético 0.2 M y 41.2 mL de acetato sódico 0.2 M, enrasando con agua desionizada hasta 100 mL, para obtener el pH requerido) y completamos con agua desionizada hasta 10 mL. A continuación, se mezcla todo agitando manualmente, y se introduce con una microjeringa una mezcla de 0.5 mL de cloroformo y 1 mL de metanol. La mezcla se agita vigorosamente de manera manual durante un pequeño periodo de tiempo (aproximadamente 10 s). Para acelerar la separación de fases, la dispersión resultante se centrifuga durante 5 minutos a máxima revolución (3800 rpm). La fase orgánica permanece en el fondo del tubo, que se extrae con la microjeringa, para analizarla en el espectrómetro de absorción atómica, utilizando como fuente de radiación una lámpara de cátodo hueco de níquel, a una longitud de onda de 232.0 nm.

2.3.1. Características analíticas del método.

Con las variables optimizadas, se construye la curva de calibrado para níquel, se determina la reproducibilidad y sensibilidad del método y se calculan el límite de detección y los factores de enriquecimiento, los resultados se exponen en la tabla 2.

	Con diferentes tipos y volúmenes de extractante		
	0.5 mL $HCCL_3$	0.3 mL $HCCL_3$	0.5 mL $H_2C_2Cl_2$
Rango dinámico	10–500 ppb	10–500 ppb	10–500 ppb
Ecuación de regresión	y = 0.0002x + 0.031	y = 0.0008x + 0.0658	y = 0.0006x + 0.2066
Coeficiente de correlación $(R)^2$	0.9943	0.9978	0.9952
Límite de detección[a]	5 ppb	-	-
D.E.R. (%) (n=7)	2.8 (para 50 ppb) 2.3 (para 200 ppb) 1.4 (para 500 ppb)	-	-
Factor de preconcentración[b]	20	80	60

[a] Definido como ($Y=Y_b + 3S_b$); Y= Absorbancia del analito; Y_b=Absorbancia del blanco; S_b= desviación estándar del blanco
[b] Obtenido mediante la relación de las pendientes de las curvas de calibrado con preconcentración y sin preconcentración

Tabla 2. Características analíticas del método

También se acomete el estudio de las interferencias de iones extraños sobre la determinación de níquel (tabla 3). Por último, el procedimiento propuesto se ha aplicado a la determinación de níquel en una muestra certificada BCR 176 (*City Waste Incineration Ash*) (para obtener la exactitud del método) y a la determinación de níquel en diferentes muestras de agua, alimentos y plantas (tabla 4), empleando el método de las adiciones estándar y obteniendo los resultados por extrapolación. Las muestras sólidas se han mineralizado en un horno microondas convencional.

Especies	**Tolerancia (m/m)**
Fe^{3+}, Ca^{2+}, Ba^{2+}, Mn^{2+}, K^+, I^-, F^-, SO_4^{-2}, HCO_3^-	>500
Cd^{2+}, Hg^{2+}, Cr^{3+}, Al^{3+}	> 100
Cu^{2+}, Bi^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}	>50

Tabla 3. Tolerancia de especies concomitantes en la determinación de níquel $[Ni^{2+}]$ = 200 ppb

Muestra	[Ni(II)] añadido ($\mu g\ g^{-1}$)	[Ni(II)] encontrado* ($\mu g\ g^{-1}$)	Recuperación (%)
BCR 176	123.5 ± 4.2[a]	125.5 ± 6.6[a]	101.6
Agua grifo	20[b]	20.0 ± 1.0[b]	100.0
Agua pozo	20[b]	20.0 ± 1.2[b]	100.0
Lentejas	24.2	24.4 ± 1.1	100.9
Hígado	40.0	44.8 ± 0.6	108.2
Manzana	13.2	12.2 ± 0.3	92.4
Arroz	10.7	10.9 ± 0.5	101.7
Pescado	12.5	12.3 ± 0.8	98.4
Garbanzos	10.3	10.2 ± 0.1	99.0
Lechuga	23.5	23.5 ± 0.3	100.0
Hoja de bignonia	20.8	22.2 ± 0.6	106.7
Hoja de pino	22.3	22.4 ± 1.2	100.4

*media ± desviación estándar; n = 3 ; [a] valor certificado y encontrado (mg kg^{-1}); [b] valor en ppb;

Tabla 4. Determinación de níquel en BCR 176, aguas, alimentos y hojas de plantas

3. Conclusiones.

La preparación de las muestras mediante la microextracción dispersiva líquido-líquido, es un procedimiento que puede considerarse dentro de la llamada "Química Verde", debido a los pequeños volúmenes de disolventes empleados. Se han optimizado todas las variables que influyen en la formación del complejo Ni-DPTH, y en la separación del mismo mediante el procedimiento de DLLME.

Empleando como técnica de detección la espectrometría de absorción atómica de llama (FAAS), se obtienen límites de detección y un rango de calibración del orden de ppb.

La exactitud del método propuesto se ha estudiado mediante el análisis de una muestra certificada. Para estudiar la aplicabilidad del método propuesto se han analizado diversas muestras fortificadas con níquel, ya que previamente no mostraron cantidades detectables del mismo, utilizando el procedimiento de microextracción dispersiva líquido-líquido y mediante adiciones estándar. Se han obtenido valores aceptables de recuperación en todas ellas.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia e Innovación la financiación de este estudio (Proyecto CTQ2009-07858) y también a la Junta de Andalucía.

Referencias.

[1] Encyclopedia of toxicology, Vol.3, Ed. Elsevier, (pp. 220-223) (2005).
[2] E.Denkhaus, K. Salnikow, "Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity", Critical Reviews in Oncology/Hematology, 2002, 42, (pp. 35-56).
[3] M. Rezaee, Y. Assadi, M. R. Milani Hosseini, E. Aghaee, F. Ahmadi, S. Berijani, "Determination of organic compounds in water using dispersive liquid–liquid microextraction", Journal of Chromatography A, 2006, 1116, (pp. 1-9).
[4] J. Bonilla Abascal, A. García de Torres, J.M. Cano Pavón, "Analytical properties of 2,2′-bis (di-2-pyridinyl-methylene)-thiocarbohydrazone", Microchemical Journal, 1983, 28, (pp. 132-136).

A greener procedure for nickel determination by cloud point extraction

C. Bosch Ojeda, F. Sánchez Rojas and J.M. Cano Pavón

Department of Analytical Chemistry, Faculty of Sciences, University of Málaga, Campus Teatinos s/n, 29071, Málaga, Spain, cbosch@uma.es; fsanchezr@uma.es; jm_cano@uma.es

Abstract. Green Chemistry is the use of chemistry techniques and methodologies that reduce or eliminate the use or generation of feedstocks, products, byproducts, solvents, reagents, etc. that are hazardous to human health or the environment. A sensitive micelle-mediated extraction methodology for the preconcentration and determination of nickel by UV/Vis spectrophotometry is proposed. Metal ion was complexed with 1,5-bis(di-2-pyridylmethylene) thiocarbonohydrazide (DPTH) at pH 5.4 in buffer acetate medium and quantitatively extracted into a small volume of surfactant-rich phase of Triton X-114 after centrifugating. The optimal extraction conditions were studied and the analytical characteristics of the method were obtained. Linearity was obeyed in the range of 50-200 μg mL^{-1} of nickel. The detection limit of the method is 15 μg mL^{-1} of nickel (λ= 458 nm). The method was applied to the determination of nickel in different samples.

Keywords: Cloud point extraction; Spectrophotometry; Nickel; Environmental samples.

1. Introducción.

En la actualidad, la preservación del medio ambiente está en continuo auge. La legislación ambiental cada vez reduce más las concentraciones de especies tóxicas y los límites de detección de las metodologías analíticas necesitan disminuirse continuamente. La espectrofotometría UV/Vis es una técnica analítica aplicada a miles de determinaciones, debido a su simplicidad, flexibilidad y bajo coste. Sin embargo, la espectrofotometría convencional UV/Vis a menudo presenta límites de detección incompatibles con los niveles a los que se encuentran los analitos en las muestras. Por lo tanto, se continúan estudiando alternativas para aumentar la sensibilidad, tales como la formación de productos con altas absortividades molares [1], preconcentración sólido-líquido [2] o extracción líquido–líquido [3], etc. A veces esta etapa consume tiempo y a menudo genera residuos de disolventes tóxicos. Para resolver este problema se han desarrollado una gran variedad de métodos verdes para extraer y concentrar analitos, tales como ultrasonidos, extracción asistida con microondas, extracción con fluidos supercríticos, extracción con agua supercalentada, membranas y extracción en el punto de nube (CPE).

La Química sostenible (Green Chemistry) es el diseño de productos químicos y procesos que reducen o eliminan el uso y generación de sustancias nocivas. El término Green Chemistry fue introducido por Anastas [4] y describe los esfuerzos de los químicos para desarrollar procesos y productos que prevengan la contaminación y que sean seguros tanto para los seres humanos como para el medio ambiente.

El diseño de disolventes medioambientales benignos y sistemas sin disolventes son áreas de gran interés cuya investigación se está desarrollando notablemente en los últimos años.

La química sostenible utiliza materias primas (preferentemente renovables), elimina los residuos y evita el uso de reactivos tóxicos y nocivos y disolventes en la manufactura y aplicación de productos químicos. Por tanto está directamente relacionada con la sostenibilidad. La consecución de la sostenibilidad se logrará con nuevas tecnologías que proporcionen a la sociedad los productos de los que dependemos, de una manera medioambientalmente responsable.

Existen doce principios que definen la química sostenible. El quinto principio hace referencia a: Las sustancias auxiliares (disolventes, agentes de separación, etc) deben minimizarse, o si se utilizan deben ser inocuos.

Muchas son las estrategias verdes para el análisis de trazas, que utilizan técnicas analíticas convencionales (entre las que se encuentran la miniaturización y automatización que repercute en un incremento de la velocidad de muestreo y minimización de residuos, la espectrofotometría de largo paso de luz que presenta gran sensibilidad sin utilizar disolventes orgánicos, la extracción en fase sólida que presenta bajo consumo y baja exposición a disolventes orgánicos, etc).

La extracción en el punto de nube es un procedimiento útil para la preconcentración de especies orgánicas e inorgánicas, que respeta los principios de la química verde, ya que utiliza surfactantes (tensioactivos) de baja toxicidad para su preconcentración y posterior medida de la propiedad del analito mediante una técnica adecuada.

La solución acuosa de ciertos tensioactivos muestra el llamado fenómeno del punto de enturbiamiento, en el cual dicha disolución de tensioactivo se vuelve repentinamente turbia debido a la disminución de la solubilidad del tensioactivo en agua. Este fenómeno es normalmente inducido por un aumento de la temperatura. El resultado es la formación de dos fases distintas: una fase rica en tensioactivo y una fase acuosa con concentración de tensioactivo cercana a la cocentración micelar crítica. Se ha demostrado que la fase rica en tensioactivo, así separada bajo condiciones del punto de enturbiamiento es capaz de extraer y preconcentrar un amplio rango de compuestos orgánicos e inorgánicos en la fase acuosa.

Por otro lado, el níquel se encuentra generalmente a niveles muy bajos en el medioambiente, por lo que se necesitan métodos muy sensibles para detectarlo en la mayoría de las muestras ambientales.

La espectrofotometría ultravioleta-visible es una técnica analítica que tiene sensibilidad del orden de partes por millón. La preconcentración mediante la extracción en el punto de nube como paso previo a las determinaciones espectrofotométricas, proporciona un aumento notable de la sensibilidad.

En este trabajo, se expone la optimización de un método de preconcentración y determinación de níquel mediante combinación de la extracción en el punto de nube y la espectrofotometría ultravioleta-visible. Se han optimizado todas las variables experimentales que influyen en la formación del complejo Ni-DPTH y en la extracción del mismo en el tensioactivo Triton X-114 mediante el punto de nube, como paso previo a su posterior determinación utilizando técnicas espectrofotométricas. El método propuesto se ha aplicado a la determinación de níquel en diversas muestras de aguas, y alimentos con resultados satisfactorios.

2. Desarrollo del problema.

En los siguientes apartados se expone el procedimiento de optimización de la extracción en el punto de nube para la determinación de níquel en diversas muestras. En la Figura 1 se muestra el esquema del procedimiento previo realizado antes de la medida espectrofotométrica.

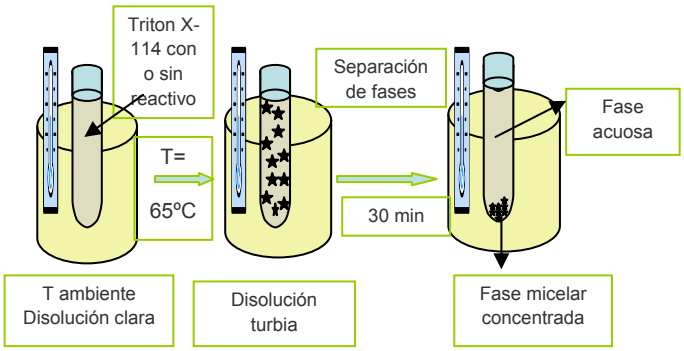


Fig. 1 Esquema del procedimiento CPE.

2.1. Instrumentación, aparatos, reactivos y muestras.

Espectrofotómetro Modelo Thermo Genesys 10uv. Cubetas de diferente capacidad (3.5 mL and 700 µL).

Baño termostatizado Modelo Selecta Precisterm. La separación de fases se ha realizado en una centrífuga Selecta Centromix con tubos cónicos de 10 mL.

Todos los reactivos utilizados en el desarrollo experimental se adquieren a diferentes firmas comerciales de reconocido prestigio analítico. Para la preparación de las disoluciones y la limpieza del material de laboratorio se ha utilizado agua de alta pureza (resistividad 18.2MΩcm^{-1}) obtenida mediante un sistema Milli-Q®. Disolución patrón de níquel de 1000 mg L^{-1} (E. Merck, Darmstadt, Germany). Otras disoluciones de trabajo fueron obtenidas diariamente por adecuada dilución de la solución estándar. Disolución de DPTH en N,N-dimetil formamida (DMF) preparada disolviendo reactivo sólido sintetizado y purificado por los autores [5]. Disolución de Triton X-114 (4%, v/v) preparada disolviendo 4 mL of disolución concentrada (Merck, Darmstadt, Germany) in 100 mL de agua caliente desionizada.

El método propuesto se ha evaluado para determinar níquel en varias muestras fortificadas. Las concentraciones de níquel en todas las muestras originales se encuentran por debajo del límite de detección. Por esta razón, se prepararon muestras de alimentos (0.2–1.0 g) a las que se les añadió disolución estándar de níquel y el producto resultante se digiere en un horno microondas, se ajusta el pH y se diluye al volumen conveniente.

Las aguas naturales han sido recolectadas en botellas de polipropileno previamente limpiadas con ácido nítrico 10% (v/v) y finalmente enjuagadas con agua ultra pura antes de su uso.

2.2. Optimización del procedimiento de preconcentración.

Para encontrar las condiciones óptimas, se han estudiado la influencia de diversos parámetros en la eficiencia de la extracción.

2.2.1. Efecto de la concentración de Triton X-114.

Se observó que la concentración del surfactante no iónico Triton X-114 puede afectar a la extracción del complejo y a la sensibilidad del método, por tanto se estudió su efecto sobre la absorbancia de la

fase extraída. La absorbancia de la fase rica en surfactante aumenta con la concentración de Triton X-114 entre 0.2% y 0.6 % (v/v) y permanece constante a concentraciones mayores. Se ha elegido como óptima una concentración 0.6 % (v/v) Triton X-114.

2.2.2. Efecto de la fuerza iónica.

Se evaluó la influencia de la concentración de NaCl en la eficiencia de la extracción en el intervalo 0.5-3%, obteniéndose absorbancias iguales para las diferentes concentraciones de NaCl ensayadas. Se ha elegido para posteriores experiencias 1 mL de NaCl 10% (1%).

2.2.3. Efecto del pH.

El pH juega un papel importante en la formación del complejo y en su extracción. Níquel(II) forma un complejo intensamente coloreado con DPTH en un amplio rango de pH. Se ha ajustado añadiendo 2 ml de disolución tampón y se ha variado desde 3.6-6 (Fig. 2). Los resultados muestran máxima señal analítica a pH 5.4, por tanto HAc/NaAc se ha utilizado para ajustar este pH.

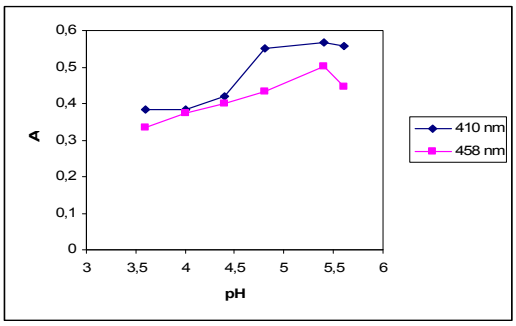


Fig. 2 Influencia del pH sobre la extracción de Ni mediante CPE.

2.2.4. Influencia de la concentración de DPTH.

Con objeto de determinar la concentración óptima de reactivo, dicha concentración se ha variado desde $1.5x10^{-3}$–$4x10^{-3}$% (p/v), manteniendo todas las demás variables constantes. Se obtiene una señal prácticamente constante en todo el intervalo estudiado seleccionándose $2.5x10^{-3}$% (p/v) DPTH para posteriores experimentos.

2.2.5. Efecto de la temperatura y tiempo de calentamiento.

Para estudiar que la separación y preconcentración sea lo más eficiente posible, es necesario encontrar la temperatura y el tiempo óptimo de calentamiento. El efecto de la temperatura se ha estudiado desde 40º a 80ºC, encontrándose una temperatura óptima entre 60-80ºC, eligiéndose para posteriores experincias la temperatura de 65ºC. El tiempo de calentamiento se ha estudiado entre 10-40 min, encontrándose la máxima eficiencia de extracción a 30 min, seleccionando este valor para posteriores experiencias.

2.2.6. Influencia del tiempo de centrifugación.

Se obtiene un insignificante incremento en el factor de preconcentración cuando el tiempo de centrifugación de las muestras varía entre 2 y 10 min. Se ha seleccionado un tiempo de 5 min ya que se obtiene una completa separación y no se observa mejora cuando se utilizan tiempos mayores.

2.3. Procedimiento.

En tubos cónicos de 10 mL, se añade una cierta cantidad de níquel comprendida entre 50-200 µg/L, 2 mL de disolución tampón de pH 5.4, 0.5 mL de reactivo DPTH al 0.05 % en DMF, 1.5 mL de Triton

X-114 al 4 % (v/v), 1 mL de NaCl al 10 % y agua desionizada hasta un volumen final de 10 mL. Se calienta en un baño termostatizado a 65 ºC durante 30 min. La separación de fases se acelera centrifugando la disolución resultante durante 5 min a 3800 rpm. Se sumergen los tubos cónicos en un baño de hielo durante 20 min, con objeto de separar mejor la fase acuosa de la fase rica en surfactante que permanece como un botón en el fondo del tubo. Para disminuir la viscosidad del extracto y facilitar el muestreo se añade 1 mL o 2 mL de DMF a la fase rica en surfactante dependiendo que utilicemos cubetas de capacidad de 700 µL o 3.50 mL, respectivamente. El contenido de níquel se ha determinado por espectrofotometría UV/Vis a 410 y 458 nm frente a una solución blanco. Se ha calibrado utilizando diferentes disoluciones estándar de níquel sometidas al mismo procedimiento de preconcentración y determinación. La disolución blanco se ha sometido al mismo procedimiento y medido en paralelo a las muestras.

2.3.1. Propiedades analíticas.

Las propiedades analíticas han sido obtenidas, mediante preconcentración de 10 mL de solución analítica en las condiciones óptimas descritas en el procedimiento. El procedimiento de extracción propuesto presenta una calibración linear en el rango de 50-200 µg/L.

Cubeta de 3.50 mL de capacidad

$A = 0.0031[Ni^{2+}] + 0.079$, con $R^2 = 0.9938$, a $\lambda = 410$ nm;

$A = 0.024[Ni^{2+}] + 0.0625$, con $R^2 = 0.9942$, a $\lambda = 458$ nm;

Cubeta de 700 µL de capacidad

$A = 0.0023[Ni^{2+}] - 0.032$, with $R^2 = 0.9875$, a $\lambda = 410$ nm;

$A = 0.0028[Ni^{2+}] + 0.002$, with $R^2 = 0.9728$, a $\lambda = 458$ nm;

donde A es la Absorbancia y R^2 es el cuadrado del coeficiente de correlación.

La tabla 1 muestra las características analíticas del método obtenidas mediante el procedimiento de preconcentración. La precisión del método se ha evaluado con 100 µg/L de níquel (n=7). El límite de detección se define como la concentración de analito que se obtiene en una respuesta equivalente a la ordenada en el origen de la curva de calibración mas 3 veces el parámetro estadístico $s_{y/x}$.

Parámetros analíticos	**Célula 700 µL**	**Célula 3,50 mL**
Límite de detección (µg/L)		
λ= 410 nm	26	19
λ= 458 nm	40	15
Desviación estándar relativa (R.S.D. %) (*n*=7)	5.5	5.7
Factor preconcentración[a]	7.3	8
Factor preconcentración[b]	10	5

[a] Calculado mediante la razón de las pendientes de la curva de calibración con y sin preconcentración

[b] Calculado como la razón de las concentraciones del analito en la fase rica en surfactante respecto a la solución inicial.

Tabla 1. Características analíticas del método

2.3.2. Interferencias.

Las potenciales interferencias del sistema CPE-UV/Vis se han investigado utilizando una concentración de níquel de 100 µg/L. Se considera que un ión es interferente cuando su presencia produce una variación en la absorbancia de más del 5% con respecto a la muestra. En general, las mayores interferencias son causadas por iones que forman quelatos con el reactivo (Fe^{3+}, Co^{2+}, Cr^{3+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Hg^{2+}, Mn^{2+}) con una tolerancia de 2. La tolerancia de otras especies como Ca^{2+}, Ba^{2+}, Mg^{2+}, Pb^{2+}, Bi^{3+}, SO_4^{2-} , NO_3^- fueron >10.

2.3.3. Determinación de níquel en aguas y muestras de alimentos.

Se ha aplicado la metodología propuesta CPE-UV/Vis para la determinación de níquel en varias muestras de aguas (agua del grifo, agua de pozo, agua de mar). Para validar el método propuesto, se han llevado a cabo experimentos de recuperación por mezcla de las muestras de agua con níquel antes de cualquier tratamiento. Las disoluciones han sido analizadas por el método de las adiciones estándar, y calculando los porcentajes de recuperación. La tabla 2 muestra los resultados obtenidos.

Por otro lado, el procedimiento propuesto se ha aplicado a la determinación de níquel en diversas muestras de alimentos. Todas las muestras fueron seleccionadas arbitrariamente y obtenidas en un supermercado. Para este propósito, soluciones estándares que contienen cantidades diferentes de níquel fueron añadidas a las muestras y el material resultante se preparó como se describe bajo el epígrafe 2.1. Se ha utilizado el método de las adiciones estándar en todos los casos y los resultados se obtuvieron por extrapolación. Los resultados de estos análisis se recogen en la tabla 2, observándose buenas recuperaciones en todos los casos.

Muestras de agua	**Añadido (µg/L)**	**Encontrado* (µg/L)**	**Recuperación (%)**
Agua grifo	50.0	51.1 ± 4.6	102.2
Agua pozo	50.0	46.4 ± 2.85	92.8
Agua mar	50.0	52.9 ± 3.5	105.8
Muestras alimentos	**Añadido (µg/g)**	**Encontrado* (µg/g)**	**Recuperación (%)**
Arroz	12.3	13.2 ± 0.9	107.3
Lentejas	25.8	26.0 ± 1.4	100.8
Garbanzos	11.2	10.0 ± 1.0	89.3
Manzana	15.3	14.2 ± 1.1	92.8
Lechuga	27.4	26.1 ± 1.0	95.3
Hígado	36.5	32.1 ± 1.5	87.9
Pescado	13.1	12.1 ± 0.8	92.4

* media ± desviación estándar, n=3

Tabla 2. Aplicación del procedimiento en muestras fortificadas

3. Conclusiones.

La extracción en el punto de nube (CPE) es una metodología fácil, segura y económica para la separación y preconcentración de trazas de metales en soluciones acuosas. En este trabajo se ha desarrollado y optimizado esta metodología para la preconcentración de níquel previa a su determinación por espectrofotometría UV-visible. El método propuesto presenta un procedimiento sencillo, sensible y de bajo coste para la determinación de níquel. En él se combinan las ventajas del punto de enturbiamiento y la utilización del ligando DPTH como reactivo formador de complejo con níquel. Se ha aplicado a la determinación de níquel en diferentes tipos de muestras como aguas y alimentos con resultados satisfactorios.

Agradecimientos.

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia e Innovación la financiación de este estudio (Proyecto CTQ2009-07858) y también a la Junta de Andalucía.

Referencias.

[1] E. Prenesti, P.G. Daniele, S. Toso, "Visible spectrophotometric determination of metal ions: the influence of structure on molar absorptivity value of copper(II) complexes in aqueous solution", Analytica Chimica Acta, 2002, 459, (pp. 323-336).

[2] M. Knochen, J. Giglio, "Flow-injection determination of phenylephrine hydrochloride in pharmaceutical dosage forms with on-line solid-phase extraction and spectrophotometric detection", Talanta, 2004, 64, (pp. 1226-1232).

[3] N. Teshima, N. Fukui, T. Sakai, "Reagents regeneration flow injection analysis (RRFIA) for spectrophotometric determination of methamphetamine coupled with solvent extraction", Talanta, 2005, 68, (pp. 253-255).

[4] P. T. Anastas, J. C. Warner, Green Chemistry: Theory & Practice 1998, Oxford University Press, Oxford, UK (1998).

[5] J.M. Cano Pavon, A. Garcia de Torres, C. Bosch Ojeda, "Spectrophotometric determination of cobalt and nickel with 1,5-bis(di-2-pyridylmethylene)thiocarbonohydrazide", Analyst, 1985, 110, (pp. 1137-1140).

Application des données géospatiales pour la gestion et la protection de l'environnement urbain (Taza, Maroc)

H, Tabyaoui [1], F, El Hammichi [1] et A, Chaouni [1]

[1] Université Sidi Mohamed Ben Abdellah,
Faculté Polydisciplinaire de Taza, B.P. 1223, Taza-Gare, Maroc. labrisques@yahoo.fr

Abstract. La gestion des déchets est le plus municipal des services urbains. L'accroissement de la production ainsi que la densité de la population dans les villes font qu'aujourd'hui le volume des déchets urbains augmente. Devant cette situation, il s'avère important de choisir à implanter de nouvelles décharges contrôlées. Cette conception passe par le choix des meilleurs sites. Ce choix est complexe et encombrant puisqu'il doit prendre en considération : la durée de vie désirée pour la décharge proposée, la disponibilité et convenance de la terre, et impact de la décharge proposée sur l'environnement... Cette étude expose une approche par le SIG basée sur l'analyse composée de convenance et utilise des recouvrements de carte et des analyses statistiques.

Mots clés : SIG, Analyse composée de convenance, Environnent urbain, Taza, Maroc

Extended abstract:

Use of geospatial data for solid selection and environment protection, Taza city case (Morocco).

Municipal solid waste management is one of the major problems facing city planners all over the world. Taza, northern Mororcco is not an exception. The current discharge is of wild type. It is located at 1200 meters of the center of the city behind the roads and drainage ditches. This practice exposes residents to health and environmental hazards. Domestic waste is generated by the activities of the households and waste comparable: industrial, commercial, artisan... They have a heterogeneous mixture of products having physical properties and chemical very different. The organic matter of origin constitutes the great part of the solid waste generated with a content of 72%. The quantity of domestic waste is of 100 tonnes /day. The current ratio of production taken is equal to 0.62 Kg/inhabitant/day.

Population growth and economic activities in and around the city makes that today the volume of urban waste increases. In front of this situation, it is important to set up a new controlled discharge. This design passes by the choice of the best sites. Selection of such sites may be achieved at low cost using GIS and remote sensing methods.

Methodologies used are based on a composite suitability analysis using map overlays and their extension to include statistical analysis. The approach is to use models, which combine and integrate maps to determine an optimal landfill sitting. There are a number of integration models in GIS. For the present case we have selected the Boolean Logic and Index Overlay models. We applied Boolean operators to a set of input maps and produce a various layers of evidence. The output is a binary map,

because each location is either satisfactory or not. With index overlay model [4], we assigned scores to each factor maps, as well as the maps themselves receive different weights. Weights are generally assigned to these maps to express the relative importance. Determining the weight is basically accomplished by decision makers, experts and decision-making committee [3]. Scored maps are combined with constraint maps (fig. 2) to eliminate areas of absolute unacceptability. A final map (fig. 3) is generated that identifies regions that are most suitable for the location of a landfill site. An optimal site will be chosen based on the highest suitability values and the size of the site.

The approach, using ArcGIS toolbar [6], is a very flexible and straightforward tool. It provides a selection of environmentally friendly disposal sites, thus supplying reasonable, convenient and administratively transparent solutions to the waste disposal problem. It could be applied to any region and site selection problems and should result in an optimal result given the same data.

1. Introduction et méthodologie

L'étude du choix d'emplacement d'une décharge est divisée en deux étapes principales :

(1) identification des emplacements candidats par le criblage préliminaire. Ceci revient à éliminer rapidement les parcelles de terrains peu convenables et de les classer selon leur degré de convenance. C'est une tentative de réduire au minimum les risques sanitaires de contamination dus à la proximité d'un emplacement de déchets aux secteurs d'importance environnementale et socio-économiques.

(2) évaluation de leur convenance selon les critères d'incidence sur l'environnement et les coûts.

Mettre en application une analyse spatiale si compliquée avec les outils de dessin est certainement cher et difficile. L'application des outils du système d'information géographique (SIG) permet de traiter un grand nombre de données spatiales, d'étudier et comparer les résultats, d'appliquer différents critères, contraintes et de marquer des arrangements sur la convenance finale de l'emplacement de la nouvelle décharge dans un temps relativement court et avec un coût réduit.

La méthodologie utilisée est basée sur une analyse composée de convenance en utilisant des recouvrements de carte et des analyses statistiques. Il y a un certain nombre de modèles de combinaison de données spatiales dans les SIG. Pour cette étude, nous avons choisi la logique booléenne et le modèle de recouvrement d'index. Le premier modèle consiste à appliquer les opérateurs booléens à un ensemble de cartes d'entrée. Le résultat est une carte binaire où chaque endroit est satisfaisant ou non à l'implantation d'une décharge.

Dans la pratique, il n'est pas convenable de donner une importance égale à chacun des critères qui ont été combinés. L'évidence est que chaque information sur une carte d'entrée sera évaluée selon des critères de poids, ayant pour résultat un rang (indexe) sur une échelle de convenance. Les cartes elles-mêmes reçoivent différents poids. Les poids sont généralement assignés à ces cartes pour exprimer l'importance relative. La détermination des poids est extraite des travaux réalisés dans d'autres secteurs [1, 2] et accomplis par des chercheurs, des experts et des comités de prise de décision [3]. Finalement, le procédé du choix de site est le résultat de la capacité d'évaluer des rangs de convenance, plutôt que la simple présence ou absence. Cette méthode est connue comme recouvrement d'indexe [4, 5].

2. Secteur d'étude.

La ville de Taza est parmi les agglomérations du Maroc où la gestion des déchets solides préoccupe les responsables. La décharge publique actuelle est de type sauvage. Elle est située au nord de la ville à 1200 mètres du centre. Elle repose sur un terrain marneux de 3 ha dans le méandre d'Oued Larbaà. Les déchets ménagers sont générés par les activités des ménages et les déchets assimilés : industrielle, commerciale, artisanale… La matière d'origine organique constitue la grande part des déchets solides générés avec une teneur de 72%. La quantité des déchets ménagers est de 100 tonnes/jour. Le ratio de production actuel pris est égal à 0.62 Kg/hab/j. Son augmentation annuelle est de 1%.

3. Choix d'emplacement de la décharge

3.1. Préparation des documents de base

Cette phase est basée sur le scannage, le géoréférencement, la digitalisation des documents et la création d'une base de données spatiale. Dans le présent travail, nous avons fait appel aux fonctionnalités et applications du système de logiciel ArcGIS [6].

3.2. Elaboration des cartes de contraintes

A partir des documents de base, de nouvelles couches de données (carte de contrainte) ont été crées avec un champ indiquant la distance autour de chaque objet de carte (zone-tampon ou Buffer-zone) que le SIG devrait immédiatement exclure du choix. Ces zones tampons indiquent les restrictions selon des critères donnés. Le tableau 1 regroupe quelques critères employés dans cette étude.

Critère	**Zone tampon**
Région avec affleurement d'aquifère	5000 m
Aérodrome	5000 m
Source d'eau, Captage d'eau potable, Source thermale	2000 m
Route principale	1200 m
Parcs nationaux, Retenue de barrage existant ou planifiée	1000 m
Puits, Drain principal des oueds	500 m
Habitation isolée, Agglomération, Site à culte régional, Cimetière	500 m
Site historique	500 m
Réserves forestières de valeur biologique ou économique	300 m
Surface verte, Périmètre irrigué	300 m
Zone d'inondation ou marée	300 m
Zone de faille géologique, Zone de karst	300 m

Table 1- Exemples de critères avec les valeurs de zones tampon

Les cartes de contraintes ainsi obtenues correspondent à des cartes binaires qui peuvent être re-classifiées en deux classes : classes Zéro (secteurs non appropriés) et classes Une (secteurs appropriés). La figure 1 montre des exemples de cartes où la couleur blanche représente les secteurs inacceptables.

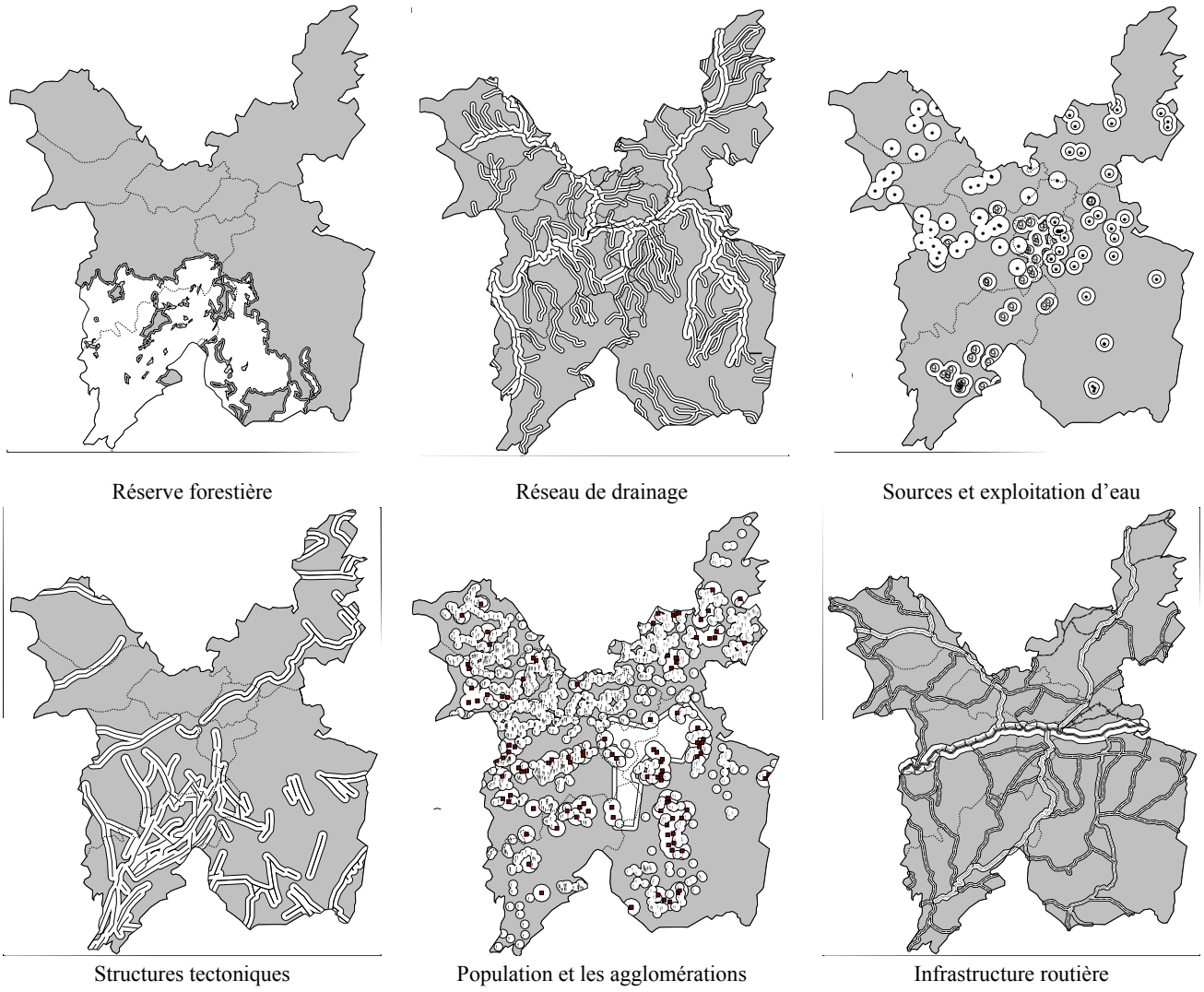


Fig. 1- Exemples de cartes binaires

3.3. Elaboration des cartes d'Indexe

Dans chaque couche d'une carte, les informations sont rangées en différentes classes indiquant le degré de convenance à l'emplacement d'une décharge (table. 2). Nous avons assigné à chaque classe une valeur d'attribue (points) plus appropriée dans une échelle de valeur commune choisie entre 1 et 6. Dans cette étude, les valeurs des attributes sont proportionnelles aux degrés de convenance (fig. 2).

Thème	**Valeur d'indexe**	**Classes**
Vents	1	Site exposé aux vents
	2	Exposition aux vents réduite
	3	Site protégé contre le vent
Aménagement agricole	1	Mise en valeur des terres en cours
	2	Mise en valeur des terres possibles
	3	Mise en valeur des terres impossibles ou peu probable
Perméabilité	1	Terrains perméables (calcaire ou grès)
	2	Terrains semi-perméables

	3	Terrains imperméables (marnes et/ou argiles)
Glissement de terrain	1	Zones à forte risque
	2	Zones à risque probable
	3	Zones sans risque
Profondeur de l'aquifère	1	>20m
	2	Entre 10m et 20m
	3	<10m
Géomorphologie	1	Escarpement rocheux
	2	Talus instable
	3	Colline disséquée
	4	Colline structurale
	5	Colline résiduelle
Qualité physico-chimique des eaux	1	Zone d'excellente qualité
	2	Zone probablement d'excellente qualité
	3	Zone de bonne qualité
	4	Zone de moyenne qualité
	5	Zone de mauvaise qualité
	6	Zone probablement de mauvaise qualité

Table 2- Exemple de thèmes avec les valeurs d'indexe

3.4. Application des modèles de la logique booléenne

Cette méthode est une approche pratique et facilement appliquée. Le modèle booléen permet de combiner un ensemble de cartes binaires en appliquant différents types d'opérateurs booléens comme «And», «Or», «Like», «Contains», etc.

La carte finale de contrainte (fig. 2-a) :

Cette carte binaire inclue toutes les cartes de contrainte produites par recouvrement de carte en utilisant l'opérateur booléen «and». Elle montre des polygones avec deux classes : 1 – conditions acceptables (couleur claire) ou 0 – conditions inacceptables (couleur foncée).

La carte finale d'indexe (fig. 2-b):

Cette carte inclut tous les critères qui ont des rapports basés sur une gamme de classification. Toutes les cartes de facteur (cartes d'indexe) sont recouvertes pour créer une carte finale d'indexe. Les poids assignés aux cartes indiquent le degré d'importance. Les poids plus élevés représentent une influence ou une importance plus forte. La protection des eaux superficielles et souterraines est primordiale, la pente est importante, la distance au secteur urbain est indiquée modérément … Cette carte montre des couleurs peu légères pour les secteurs peu favorables et des couleurs plus foncées pour les secteurs les plus favorables.

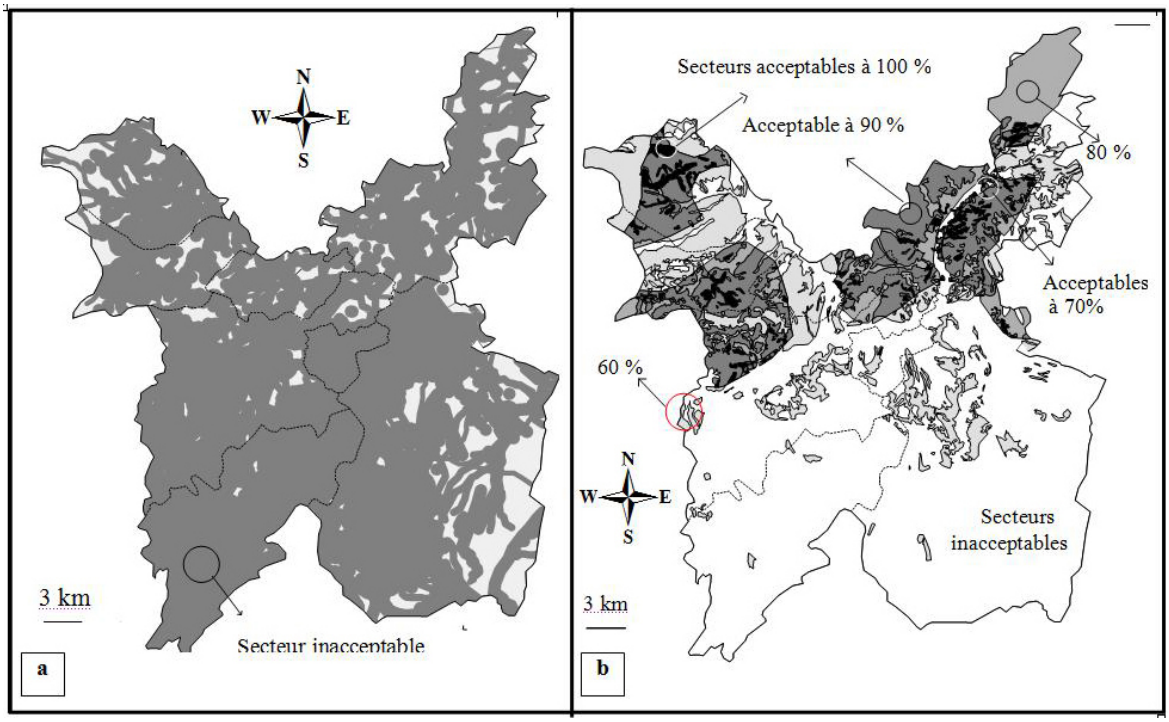


Fig. 2- Carte finale de contrainte (a) et carte finale d'indexe (b)

3.5. Carte de convenance finale (fig. 3)

La carte finale est le résultat de la soustraction de la carte finale de contrainte (fig. 2-a) et la carte finale d'indexe (fig. 2-b). Les secteurs plus foncés (fig. 3) indiquent des zones absolument non-acceptables et les secteurs blancs correspondent à des zones plus appropriées.

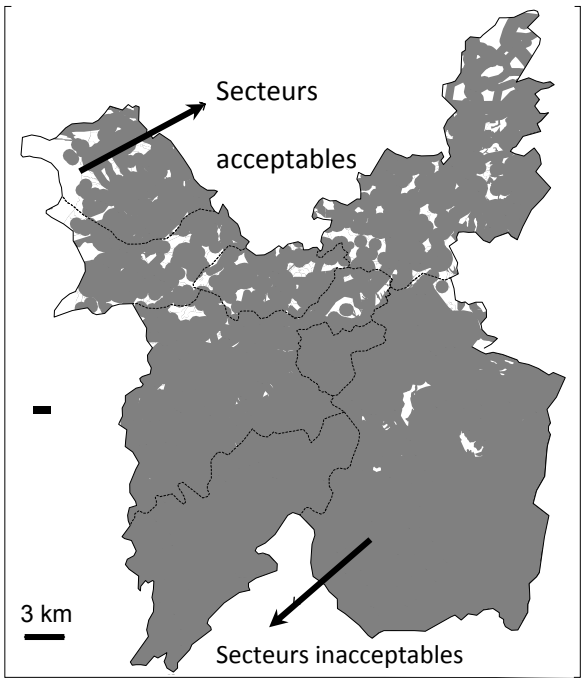


Fig. 3- Carte de convenance finale

4. Conclusion

Cet article présente une méthodologie basée sur l'analyse comparée de convenance à l'implantation d'une nouvelle décharge contrôlée pour la ville de Taza. La démarche utilisée consiste à identifier les emplacements des sites candidats par criblage préliminaire et ensuite, à évaluer leur convenance en utilisant des recouvrements de cartes et des analyses statistiques. Le SIG est utilisé ici, non seulement pour intégrer de manière efficiente l'ensemble des informations spatiales, mais aussi, pour pouvoir appliquer différent critères, contraintes et marquer des arrangements. L'application des opérateurs booléens et les poids (indexe) sur les valeurs attributaires de chaque carte et entre les cartes elles-mêmes a permis de déterminer les sites favorables avec leur degré de convenance. La méthodologie développée, peut être appliquée pour tout projet d'aménagement et de gestion efficace de l'environnement urbain. Elle peut constituer une démarche efficiente pour les décideurs.

Références

[1] A. Bachi, "Design, Construction, and Monitoring of Sanitary Landfills". John Wiley & Sons, Inc., New York (1994).

[2] A. Vassilopoulos, N. Evelpidou, D. Vaiopoulos, "A sanitary landfill selection in Naxos Island with the use of GIS and a system of multiple criteria". 7th international conference on environmental science and technology ermoupolis, syros island, Greece. pp- 580-584 (2001).

[3] M. Ezzouaq, H. Chouaouta, « Guide de présélection de site de décharge contrôlée des déchets ménagers, cas de Larache et Chefchaouen ». Doc. Ministère Aménagement Territoire Eau & Environnement, 80 p. (2002).

[4] R. Daneshvar, L. Fernandes, M. Warith, B. Daneshfar, "Customizing ArcMap Interface to Generate a User-Friendly Landfill Site Selection GIS Tool". Environmental Informatics Archives, Volume 1, 428-437 (2003).

[5] R.L. Narayanan, "GIS Based Modeling for Landfill Site Selection Using Analytical Hierarchy Process". Human Settlement Analysis Division, IIRS. M.Tech. Degree in Remote Sensing and GIS of Andhra University. India, 90 p, (2005).

[6] ESRI, "Using ArcMap, Environmental Systems". Research Institute, Inc., Redlands, California, (2000).

Análisis de estructuras con uniones semirrígidas. Aplicación a racks de almacenamiento.

Mancha García, M.A., Franco Oliva, J.J., Moreno Aguado, F.J.

Departamento Ingeniería Industrial y Civil, Universidad de Cádiz, Avda. Ramón Puyol, s/n , 11300-Algeciras, Cádiz, Spain, Algeciras, email: ingeniería.industrial@uca.es

Abstract. Amongst structural systems, steel framed structures with beams and columns are still widely used in practice. In design of steel framed building structures, the connections of beams and columns are currently represented using two idealized joint models, fully-rigid or ideally-pinned. Most connections used in structural building are semi-rigid and contribute to the structure's stability; however, the calculations for semi-rigid joints are rather troublesome and time consuming. Cold-formed steel racks have semi-rigid joints between the columns and beams. Frame analysis of such structures call for special consideration in this paper. Model of conventional storage rack system with non linear moment rotation curve were prepared using the finite element program ANSYS.

Keywords: Semi-rigid connections, cold-formed steel, storage racks.

1. Introducción.

El análisis de estructuras metálicas ha considerado tradicionalmente unas hipótesis de comportamiento ideal de las uniones: perfectamente rígidas o articuladas. Desde que Wilson, W. [9] estudiara en 1917 la influencia del comportamiento de las uniones en el análisis global, no han cesado las investigaciones al respecto, buscando entender tanto el comportamiento de las distintas tipologías de unión, como su influencia en la respuesta global de la estructura, intensificándose durante los últimos treinta años.

Una unión perfectamente rígida, no admite variación del ángulo relativo entre barras, siendo su rigidez rotacional infinita [fig.1.a]. Si es perfectamente articulada, la unión es incapaz de absorber momento flector alguno, siendo su rigidez nula [fig.1.b]. Los supuestos anteriores difícilmente se dan en realidad, respondiendo la unión con un comportamiento intermedio, una rigidez rotacional finita y por tanto una determinada relación momento-rotación [fig.1.c]. Se dice entonces que la unión es semirrígida.

Toda unión tiene una rigidez finita y distinta de cero, por tanto es semirrígida, pero las estructuras normalmente se diseñan bajo la concepción de uniones nominalmente rígidas o articuladas, lo que simplifica el análisis, pero en contrapartida, se omite el comportamiento real de las uniones y por ende pueden introducirse desviaciones, en algunos casos muy significativas, entre los cálculos y lo que en realidad acontece.

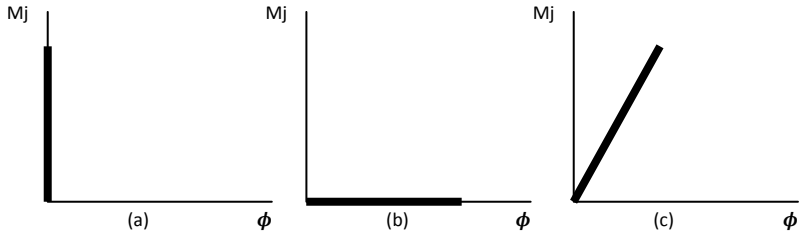


Figura 1: Diagrama momento rotación idealizado.

En la figura 2 puede apreciarse algunos ejemplos de uniones semirrígidas, caracterizadas fundamentalmente por la ausencia de placas rigidizadoras, lo que por una parte las hace más simples y económicas, aunque lo verdaderamente interesante es que controlando precisamente la rigidez de la unión puede minimizarse el momento flector de la viga, compensando así el momento en el extremo con el del vano y, consecuentemente requiriendo menos sección de viga. En la figura 3 (a) se indica esquemáticamente el comportamiento general momento-rotación de diversas tipologías de uniones atornilladas [11].

La semirrigidez de la unión queda caracterizada por las deformaciones del panel del alma y, en uniones atornilladas, además por los elementos constituyentes de la conexión (placa de testa, angulares, tornillos, …).

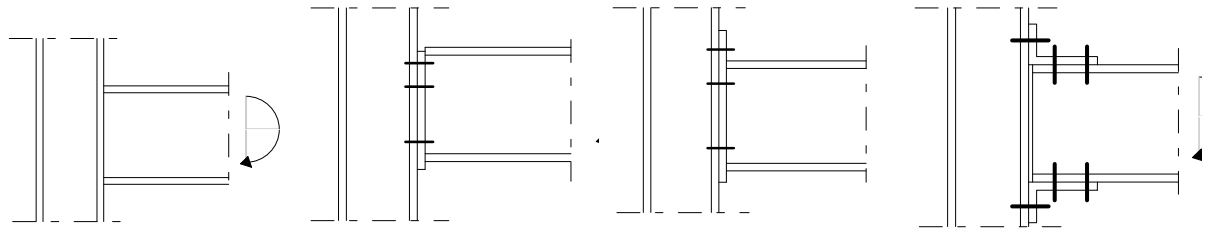


Figura 2: Ejemplos de uniones semirrígidas soldadas y atornilladas

La curva momento-rotación de la unión, define la respuesta a momento en relación al giro relativo entre las barras, por tanto, afecta a la ley de comportamiento de los elementos conectados y en consecuencia, a la distribución de esfuerzos y desplazamientos de la estructura a nivel global. Tal situación complica el cálculo, pues la rigidez nodal depende del comportamiento de la unión y ésta a su vez de los elementos que conecta. No obstante, establecer la respuesta global de la estructura sin considerar la influencia de la rigidez rotacional de los nodos, puede inducir errores que en algunos casos no son despreciables, por ejemplo:

- Uniones que en la práctica son consideradas articuladas, pueden transmitir parte del momento flector, lo que conduciría a menores secciones en las vigas y a una flexocompresión en los pilares supuestamente sometidos exclusivamente a compresión. Afecta por tanto a los Estados Límites Últimos.
- Uniones que en la práctica son consideradas rígidas, pueden experimentar en realidad giros relativos, lo que alivia los momentos en la unión pero aumenta las flechas y desplazamientos. . Afecta por tanto a los Estados Límites de Servicio.

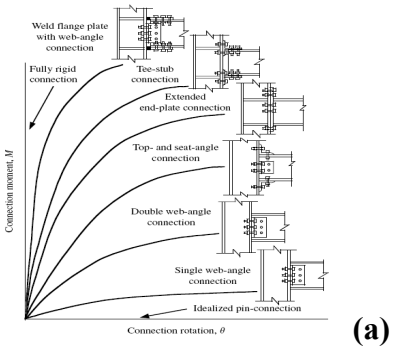
Las normativas actuales contemplan además de las uniones rígidas y articuladas, la posibilidad de diseño con uniones semirrígidas, siempre que se considere la influencia de la unión en el análisis

global. La normativa relacionada con la semirrigidez del nudo en estructuras de acero aparece explícitamente en el Eurocódigo [2]. Las instrucciones y normas al respecto en España , se fundamenta en esta última.

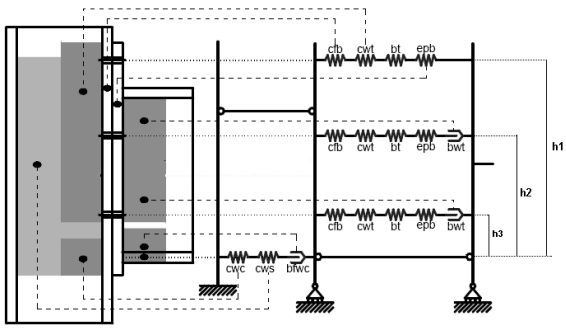
El Eurocódigo[2] establece un sistema cuantitativo de clasificación de las uniones viga-columna en función de la rigidez, fijando los límites entre uniones rígidas, semi-rígidas y articuladas.. Para calcular las características de la unión, posibilita una avanzada herramienta de análisis y cálculo de las uniones, denominada Método de los Componentes, que básicamente consiste en representar cada elemento que constituye la unión mediante un muelle con una resistencia y una rigidez rotacional, procediendo al ensamblaje para representar el comportamiento conjunto (fig.3.b)

El Método de los Componentes es versátil, puede aplicarse a uniones soldadas o atornilladas con placa de testa, a uniones articuladas, rígidas o semirrígidas y es aplicable al análisis elástico, elasto-plástico y rigido-plástico, es el resultado de numerosas investigaciones, pero es de escasa aplicación práctica. El método también presenta sus limitaciones, considerando sólo uniones viga-soporte o uniones en prolongación con perfiles I o H, así como bases de columnas

En el análisis global de la estructura, como una aproximación al comportamiento real, se puede representar una unión viga-soporte por un muelle a torsión que conecta los ejes del soporte y de la viga en el punto de intersección (artículo 6.9.2.(2)). Las propiedades del muelle pueden obtenerse de la curva momento-rotación de la unión, que establece la relación entre el momento flector de diseño de la unión y la rotación relativa entre los elementos que conecta. La curva Momento-Rotación de la unión puede obtenerse mediante ensayos, existiendo diversas bases de datos [4] , a partir de estos ensayos se desarrollan y contrastan modelos analíticos, empíricos , numéricos o mecánicos [4]. Esta relación generalmente es no lineal, aunque dependiendo del tipo de análisis a realizar, puede simplificarse la curva momento-rotación como bi-tri-multi linear



(a)



(b)

Figura 3. (a). Comportamiento semirrígido de uniones atornilladas [11] . **(b).** Esquema simulación unión por Mtd. Componentes para chapa de testa extendida con 3 filas de tornillos.

2. Desarrollo del problema.

Los racks de almacenamiento son estructuras muy versátiles,que permiten adaptarse a las necesidades del cliente en cuanto a capacidad, espacio y accesibilidad, posibilitando una alta densidad de almacenamiento. Pueden existir muchos modelos, desde estanterías simples de cargas ligeras y acceso manual hasta estructuras de más de 30 m de altura, para cargas pesadas en pallets y automatizadas.

Estas estructuras están diseñadas para soportar la máxima carga con el menor peso estructural posible, soportando cargas variables muchísimo mayores que el peso propio, situación opuesta a lo que acontece en estructuras de ingeniería civil. Suelen utilizarse elementos con secciones de diversas

formas, normalmente en acero conformado en frío. Las columnas suelen ser secciones abiertas con perforaciones a fin de flexibilizar las alturas y permitir las conexiones de las vigas, en muchas ocasiones sin tornillos.

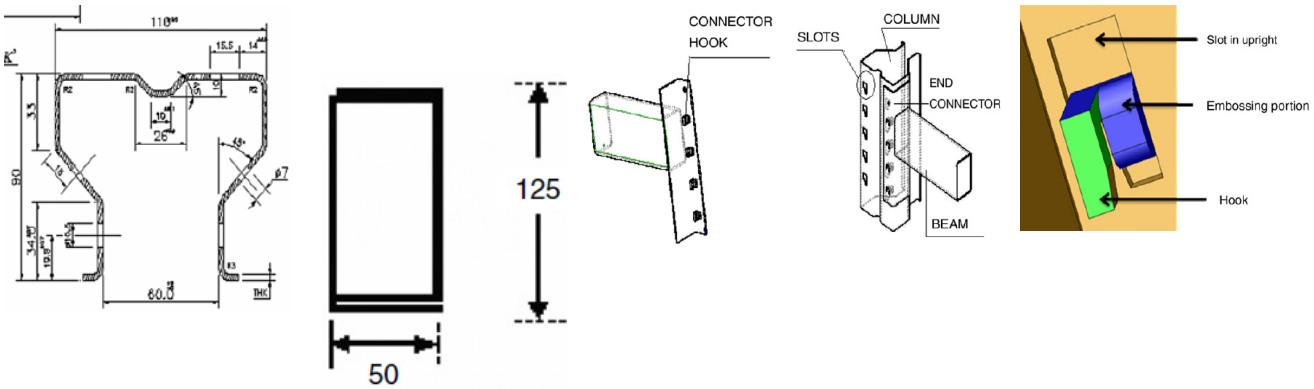
El cálculo de estas estructuras en particular, y en general de estructuras de barras con acero conformado en frío, resulta ser complejo y contempla muchos de los avances científicos actuales, incluyendo, entre otras consideraciones, diferentes modos de pandeos locales y globales, así como sus interacciones, imperfecciones geométricas, tensiones residuales, inestabilidades globales y semirrigidez de las uniones [1],[2]. Uno de los factores que más afectan a estas estructuras, es el comportamiento semirrígido de las uniones, debido a condiciones inherentes al diseño de la conexión, así como a la distorsión de las paredes de la columna y del conector extremo de la viga. La estabilidad del rack en el plano principal depende fundamentalmente del grado de semirrigidez de la unión viga-columna y la relación Momento-Rotación de la unión presenta una acusada no linealidad. Dada la singularidad de la tipología estructural, existe distinta normativa específica para racks de almacenamiento [3],[5],[8]. Toda la normativa exige combinar los desarrollos numéricos con una serie de tests para evaluar el comportamiento de los componentes principales, tanto de los elementos como de las uniones (viga-columna y placa base). Se realiza un análisis global sobre un modelo semi-contínuo, omitiendo otros efectos y considerando exclusivamente la influencia de la semirrigidez de las uniones de un rack de almacenamiento. Los resultados se comparan con el análisis suponiendo uniones rígidas.

2.1. Características del rack

Se considera un rack de 3 vanos y 3 plantas, representando así las situaciones de los extremos e intermedias. La distancia entre ejes de pilares es de 2,4 m y entre ejes de vigas de 1,5 m. Se considera una carga uniforme de 10 kN/m en vigas y puntual de 0,4 kN en cada una de las tres uniones extremas viga-columna. Los anclajes de las bases se han supuesto perfectamente rígidas, mientras que las uniones viga-columna se analizan comparando las dos hipótesis: idealmente rígidas y semirrígidas.

Se han considerado las distancias inter-ejes,las secciones y una curva proporcional de la relación momento rotación según [6],[7].

El acero es S-355, con fy= 355 MPa, E=210 GPa y μ = 0,25.
En la figura 4 se indican las secciones de los elementos y la tipología de unión:(a). Sección de la columna, A= 1030 mm^2 ; I= 1392000 mm^4; (b). Sección de la viga, A= 503 mm^2; I=1998504 mm^4; (c). Conector soldado al extremo de la viga; (d). Anclaje de la viga a la columna.;(e). Detalle del anclaje viga-columna.



(a) (b) (c) (d) (e)

Figura 4, Secciones y unión [6],[7].

La relación Momento-Rotación considerada se indica en la figura 5.

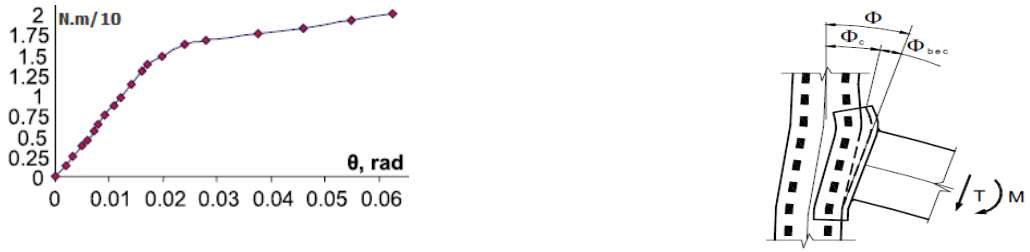


Figura 5. Curva Momento-Rotación proporcional de [7].

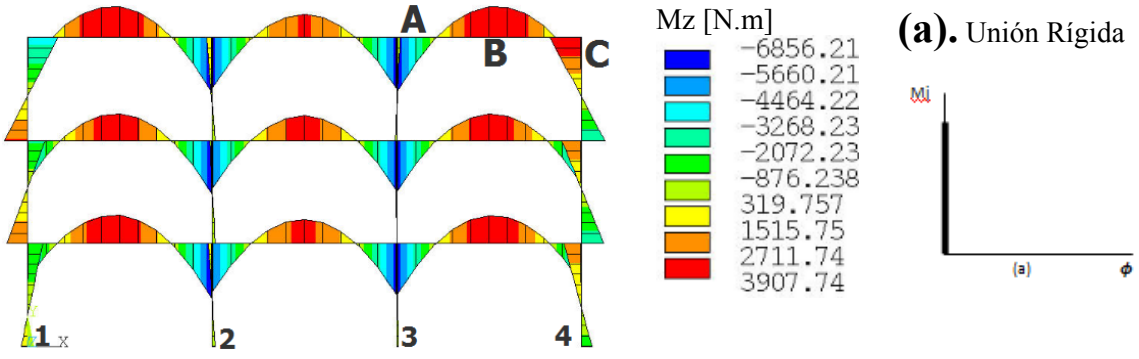
2.2. Modelo global mediante ANSYS.

Se ha realizado la simulación de un pórtico para confrontar los resultados obtenidos al considerando comportamiento idealmente empotramiento perfecto de las vigAS con los pilares, frente a considerar dichas uniones como semirrígidas. El entramado analizado, tiene tres vanos y tres plantas. Siendo 2.4 m la luz de los vanos y 1.5 m la altura de las plantas [7].
Se ha considerado una carga repartida verticalmente sobre las vigAS de 10 KN /m y unas cargas puntuales horizontales sobre cada una de las plantas de 0.4 KN.

El análisis se ha realizado mediante el método de los elementos finitos, utilizándose para ello el programa ANSYS. Se han modelado tanto las vigas como los pilares con elementos tipo viga lineal (BEAM3), utilizándose 10 elementos en cada tramo. Para simular las uniones semirrígidas, se ha acoplado un nodo del pilar con un nodo de la viga mediante un elemento resorte rotacional (COMBIN39), considerando una aproximación multi-linear al comportamiento no lineal de la relación momento-rotación de la unión, según figura 5.

2.3. Resultados del análisis con ANSYS.

En la figura 6 se indica el diagrama de flectores considerando las hipótesis de uniones: (a) Rígida, (b) Semirrígida.
En la tabla 1 se aprecia cómo podemos trasladar el máximo flector de la viga desde el extremo al centro del vano con una disminución del 20%, consiguiendo a su vez disminuir en un 40% el flector en el pilar. La tabla 3 indica los máximos desplazamientos del pórtico, donde se observa que las flechas aumentan hasta un 55% y los desplazamientos horizontales un 75%. Se consigue por tanto una disminución en la transmisión de esfuerzos pero en contrapartida un aumento de los desplazamientos.
En la tabla 2 se indican y comparan las situaciones de equilibrio bajo el análisis contínuo y semi-contínuo, lo que afecta al diseño de los anclajes de las bases. Indirectamente en esta tabla, puede observarse también cómo la semirrigidez afecta considerablemente al cortante de los pilares y no se aprecia influencia sobre el axil.



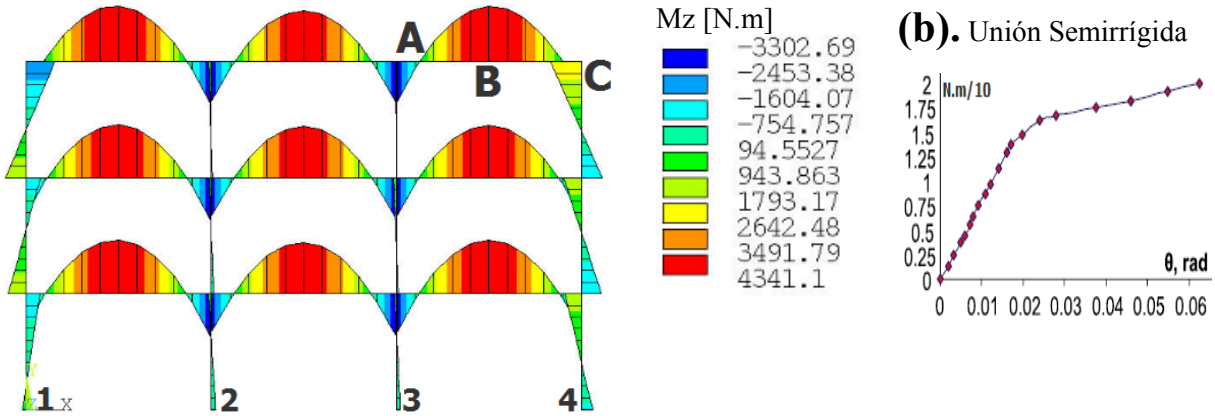


Figura 6. Flectores, hipótesis de unión considerada y secciones de referencia en tablas.

M [Nm]	Sección A	Sección B	Sección C
Unión Rígida (R)	5168	3043	3380
Unión Semirrígida (SR)	3103	4330	2397
Relación M [R/SR]	1.66	0.70	1.41
A: Sección extrema de la viga; **B:** Sección central de la viga, **C:** Sección extrema del pilar			

Tabla 1. Momentos flectores en secciones de referencia.

		1	2	3	4	ΣReacc.
Rhorizontal[N]	**Rígida**	1298.88	-495.59	-170.87	-1832.40	1200
	Semirrígida	895.38	-365.10	-299.67	-1431.60	1200
	Rel. [R/SR]	1.45	1.36	0.57	1.28	1
R vertical [N]	**Rígida**	33526	74167	74035	34272	216000
	Semirrígida	35008	72683	72626	35683	216000
	Rel.[R/SR]	0.97	1.03	1.03	0.97	1
MZ [Nm]	**Rígida**	-535.02	362.64	205.13	1041.3	-
	Semirrígida	-283.57	344.88	314.48	884.09	-
	Rel.[R/SR]	1.89	1.05	0.65	1.18	-

Tabla 2. Reacciones en las bases.

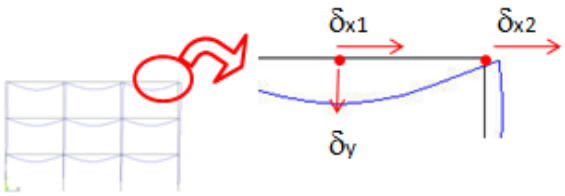


Figura 7. Secciones de referencias de desplazamientos

δ(mm)	Rígida	Semirrígida	Rel. SR/R
δy	3.91	6.06	1.55
δx1	1.10	1.88	1.71
δx2	1.06	1.85	1.75

Tabla 3. Desplazamientos en secciones de referencia.

3. Conclusiones.

Las uniones semirrígidas se presentan como una opción de diseño y análisis contemplada explícitamente en los Eurocódigos [1]. Su tratamiento exige contemplar el comportamiento de la propia unión y su influencia a nivel global de la estructura. Es una opción de diseño que puede permitir optimizar las secciones de los elementos utilizando a su vez uniones más simples.

El ejemplo desarrollado presenta la semirrigidez de la unión como una exigencia del análisis, debido a la filosofía de diseño de las uniones en la tipología estructural presentada. No obstante, a través de este análisis, quedan manifiestas diversas consideraciones sobre la influencia general de la semirrigidez del nodo a nivel global.

Como conclusión general podría indicarse que el conocimiento en relación a la semirrigidez de las uniones puede conducir a estructuras con secciones más livianas y uniones más simples, lo que en definitiva puede suponer una potencial fuente de ventaja competitiva.

Referencias.

[1] CEN: Comité Europeo de Normalización. Eurocode 3: Design of Steel Structures. Part1.8: Design of Joints (EN 1993-1-8:2005).
[2] CEN: Comité Europeo de Normalización. Eurocode 3: Design of Steel Structures. Part 1.3: General rules —Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting.
[3] CEN: Comité Europeo de Normalización. EN 15512. Steel static storage systems. Brussels, Belgium, 2009.
[4] Concepción Diaz, Pascual Martí, Mariano Victoria, Osvaldo M.Querin, "Review on the modelling of joint behavior in steel frames", Journal of constructional steel research 67, 2011, (pp.741-758).
[5] FEM: Federation Europeene Manutention. FEM 10.2.02, Recommendations for the design of static steel pallet racking and shelving., Federation Europeen Manutention. Birmingham (UK), 1998.
[6] K.M.Bajoria et al, "Modal analysis of cold-formed pallet rack structures with semi-rigid connections", Journal of constructional steel research 66, 2010, (pp.428-441).
[7] K.M.Bajoria et al, "Stability analysis of 3-D conventional pallet rack structures with semi-rigid connections", Int.Journal of Advanced Structural Engineering, Vol.1, No.2, 2009, pp (153-181).
[8] RMI: Rack Manufacturers Institute. Specification for the design, testing and utilization of industrial steel storage racks. Charlotte, USA, 2008.
[9] Wilson, W. y Moore, H. (1917). "Tests to determine the rigidity of riveted joints in steel structures". University of Illinois, Engineering Experimental Station Bulletin. Vol.XV, No.14.
[10] Xu, L. (2005). "Semirigid frames structures". Cap.23 de "Handbook of structural engineering". Chen & Lui. CRC Press. Acceso por recursos electrónicos biblioteca UCA CRCnet BASE, engnetbase.



Cadena de Transporte

Transport Systems

Chaîne de Transport

Le transport intermodal des voyageurs dans les villes tunisiennes

Aida SAAD BOUZIR[1] , Saloua BENAMMOU[2]

[1] Enseignante à l'Institut Supérieur de transport et de Logistique de Sousse, Tunisie, recherchesaida@yahoo.fr
[2] Professeur à la Faculté de droit de Sousse, Tunisie, Saloua .benammou@fdesps.rnu.tn

Abstract. The center city Sousse focuses much of utilities and urban activities, generating, therefore, large volumes of traffic. Its regional capital is attracting a significant number of people in surrounding communities for various reasons (jobs, school, shopping, recreation, hospitals, ...).

Thus, in recent years, Sousse lives a significant growth rate of motorization. This leads to undesirable effects on the morphology of the city of Sousse, on three levels: environmental (congestion, noise, pollution), economic (loss of time, increased cost of transportation) social (inequality of access to transportation service, number of accidents)).

For this, he must find appropriate and effective solutions such as: the use of means of public transportation in a complementary manner (eg soft modes + Bus, Bus + metro, bus + bus + taxi ...).

So, how does one can apply the solution to passenger intermodality in Tunisian cities: Tunis, Sousse?

Keywords: complementary, intermodality, passengers

1. Introduction

Nous visons à travers cette étude portant sur les villes tunisiennes : Sousse et Tunis l'encouragement de l'usage de transport intermodal (au lieu de la voiture particulière). Pour cela on a procédé à ce plan de travail : les problèmes dans la ville de Sousse(2), Vers la recherche des solutions de durabilité : le transport intermodal des voyageurs(3).

2. Les problèmes dans la ville de Sousse.

2.1. Problème d'usage fréquent de voiture particulière

Le parc des véhicules privés (VP, camionnettes et motos) dans le pays est passé de 474.387 unités en 1994 à 830.755 en 2002. Le taux moyen annuel de croissance est de 7,25% durant cette période. À ce rythme, on estime qu'en 2005 le parc privé dans le pourrait dépasser le 1.000.000 de véhicules.

Le taux de motorisation des ménages dans l'aire urbaine de Sousse est d'environ 0,52 veh./mén. En 1994 ce taux était évalué à 0,30. Ce taux de motorisation paraissait raisonnable vue l'évolution du parc pendant les 12 dernières années.

Parc automobile privé (VP, Camionnettes,Moto) en Tunisie				Gouvernorat de Sousse		
1994	**2002**	**Evol.**	**2005 estim.**	**Parc 05**	**Ménages**	**Veh./men**
474.387	830.755	7,25%	1.025.004	66.625	128.404	0,52

Table 1.Évolution de la motorisation en 2005.(PDU, 2005)

L'estimation du taux de motorisation pour le Gouvernorat de Sousse, reporté au nombre d'habitants, est de 154 véhicules/1000 habitants.

2.2. Problème de stationnement anarchique (problème économique)

Le stationnement dans le centre ville est l'un des causes principales de la congestion et il se manifeste par les pratiques suivantes:

- Non-respect de l'interdiction de stationner.
- Stationnement en double file.
- Stationnement dans les places réservées et aux entrées de garages etc.
- Le stationnement sur voirie dans toute la ville de Sousse est gratuit, même en plein centre ville.

2.3. Problèmes sociaux : nombre des accidents

Durant les 5 dernières années (2000, 2001, 2002, 2003 et 2004), le nombre des accidents a varié en dents de scie. On aperçoit une diminution entre les années 2000 et 2003 et une nette augmentation lors de l'année 2004.
Malgré la variation du nombre d'accidents, on peut constater qu'en 2004 leur gravité a réduit.

Table 2.Evolution du nombre et gravité d'accidents

	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
Nombre des accidents	446	332	285	196	360
Nombre des blessés	Pas d'information	413	377	256	424
Relations des blessés / accident		1,24	1,32	1,31	1,18
Nombre des morts		43	44	30	41
Relations des morts /accident		0,13	0,15	0,15	0,11

2.4. Problèmes environnementaux : bruit

La pollution acoustique peut être définie comme l'accroissement significatif des niveaux acoustiques du milieu et elle est un des facteurs importants de la perte de qualité environnementale du territoire.
Les principales sources de bruit sont :

Le trafic : automobile, ferroviaire et aérien. Les dernières années ont connu une forte croissance du parc de véhicules. Ceci a produit une augmentation du trafic à la ville de Sousse et en conséquence une majeure pollution sonore. Le trafic est la principale source de bruit.

À partir des données de simulation de trafic pour les années 2010 et 2015 faites par l'entreprise EMME/2 on a évalué les niveaux de bruit comme suit :

Table 3. Niveaux de bruit mesurés et calculés selon les données de prospective de trafic d'EMME/2(PDU ,2006)

	Niveaux de Bruit (jour)		
Lieu	**2005 (mesuré)**	**2010 (théorique)**	**2015 (théorique)**
Mohamed V	72,1	77,8	78,2
Habib Bourghiba	77,4	78,5	79,3
Abd. El Kadhi	78,1	81,1	82,9
Hedi Chaker	75,4	78	78,7
Farhat Hachet	72,6	79,4	83,4

Selon ce tableau, la pollution acoustique dans l'aire d'étude franchit des niveaux qui ne peuvent pas être permis par les autorités locales et donc à améliorer d'une façon immédiate. Selon les spécialistes, ces données dépassent largement ne pas seulement les valeurs limite d'immission (65 dB(A) pendant la journée et 55 dB(A) pendant la nuit) mais aussi les valeurs d'alarme (70 dB(A) pendant la journée et 65 dB(A) pendant la nuit.

3. Vers la recherche des solutions de durabilité : le transport intermodal des voyageurs

Ainsi, Pour pallier à ces problèmes sociaux, environnementaux et économiques, et pour avoir un transport durable[1], la ville de Sousse cherchera à corriger ces problèmes.
Parmi les solutions possible : organisation de stationnement au centre ville, minimiser l'usage de VP[2] en encourageant les modes de transport collectif : bus, métro, louage…..mais ces solutions ne sont plus efficace, pour cela, il faut chercher une solution qui permet l'équilibre dans l'utilisation des moyens de transport : c'est l'intermodalité.
Ainsi, Nous voulons vérifier le degré d'application de la solution d'intermodalité : (le fait d'utiliser conjointement deux modes de transport dans un même voyage et minimisant la rupture de charge) dans les villes tunisiennes : (Sousse et Tunis), qui est une solution d'actualité et nécessite plus d'occupation.

3.1. Possibilité d'application de transport intermodal dans la ville de Sousse :

Lors de son dernier plan de déplacement urbain 2006, la municipalité de Sousse à proposée une solution d'intermodalité qui est : Réaménager la Gare Centrale en prévoyant l'intermodalité (parking nécessaire, station taxi et bus) :
Ainsi, pour favoriser l'utilisation du transport public comme alternative efficace au transport en voiture particulière, il est important d'encourager la multimodalité. Pour ce qui concerne la Gare Centrale, il est souhaitable qu'elle soit projetée comme une plateforme intermodale et d'échange modal, en accueillant les arrêts de bus urbains et interurbains ainsi que des taxis. Son emplacement

[1] .*(http://www.centreforsustainabletransportation.org/)*
[2] *VP : voiture particulière.*

stratégique au centre-ville demande en outre l'implantation d'un parking pour encourager l'intermodalité d'une part, et d'autre part, d'absorber la demande de rotation du stationnement au centre-ville.
Le plan de circulation proposé dans les propositions antérieures prévoit la construction d'une nouvelle rue située à l'arrière du bâtiment de la nouvelle gare centrale, afin de faciliter l'accès au futur parking.

3.2. Scénarios possibles pour l'intermodalité à Sousse :

a) ***Scénario 1 : intermodalité bus+métro : (station Beb jedid)***

Pour la ville de Sousse, on n'a pas une fusion entre les deux sociétés de transport collectif ; qui sont : STS[3] : (chargée de la gestion de trafic de Bus) et SNCFT [4] : (chargée de gestion de métro de sahel et trains de longues distances).
La fusion entre ce deux sociétés est possible, vue quelles sont rattachées au ministère de transport, mais il reste à convaincre les deux sociétés.
La combinaison (métro +bus) rencontre plusieurs difficultés : absence de concordance entre leurs horaires, pas de billet unique, deux stations éloignés, pas d'information multimodale.
Aussi, sur le plan pratique cette possibilité facilitera le transport des étudiants de Sahel (Monastir, Mahdia) qui font leurs études à Sousse (ISGS, fac de droit de Sousse, faculté de lettre de Sousse….).
Puisque cette catégorie utilise Metro+ bus pour aller à leurs facultés.

b) Scénario 2 : Intermodalité : BUS LD+ Bus CD, bus+ taxi:(station Beb Bhar)

Ces deux types des combinaisons intermodales existent dans la station Sidi Yahia ou station Bab bhar. Elle referme à la fois 4 stations: la station terminale de ***bus à LD***, la station terminale de ***Bus à CD***, la station de taxi collectif, à côté de taxi compteur.

- ***Combinaison bus LD + bus CD***[5]: elle est utilisée par les étudiants en majorité, minorité par les travailleurs en périphérie de ville de Sousse.
  Les lacunes pour cette combinaison sont : l'absence de coordination entre les horaires, manque d'information intermodale, absence de billet unique, absence d'un pôle d'échange bien équipé et bien organisé.
- ***Combinaison bus+taxi*** : le taxi peut être collectif (ou compteur) est le concurrent principal pour le **Bus à CD.**

c) Scenario 3: intermodalité: louage LD+ louage CD, louage+ taxi compteur : « station louage à Tafalla »

Ces deux possibilités d'intermodalités existent dans la station louage de la ville de Sousse sise à Tafalla.
Cette station est bien organisée et divisée par gouvernorats, les tarifs sont affichés, la réservation pour le voyage est informatisée[6], l'information est meilleure que dans la station du bus ou métro. Aussi, ce pôle d'échange est équipé par plusieurs services (buvette, taxiphone, café, restaurant…..)

---

[3] *Société de transport de sahel*
[4] *Société nationale de chemin de fer de Tunis*
[5] ***Bus à longue distance (bus LD)*** *utilisé pour se déplacer entre deux gouvernorats différents*
Bus à courte distance (bus CD) *utilisé pour se déplacer dans le* ***même gouvernorat.***

D'un coté, on a la combinaison intermodale : ***louage LD+ louage CD***[7] : (cette combinaison est efficace en terme de cout, puisque les deux types de louage existent dans la station louage, temps d'attente maximal : 5 min)
D'un autre coté, on a aussi la combinaison intermodale : ***louage (LD ou CD)+ taxi compteur)*** : c'est une solution tés efficace permet le gain de temps, mais elle est très couteuse surtout pour les étudiants, utilisé par une grande majorité par les travailleurs exemple : enseignants… ;

3.3. Possibilité d'application de transport intermodal dans la ville de Tunis

En Tunisie les pratiques de l'intermodalité sont plus évoluées que la ville de Sousse, sa première expérience était celle : qui a aboutit à la fusion de deux sociétés publiques de transport collectifs la SNT et SMLT pour devenir une seule société opérante du service des transports collectifs urbains dans la région : STT[8].
A coté de cette expérience, on trouve les nouveaux projets ferroviaires [9]:

Le ministère du Transport a lancé depuis 2002 une étude sur le développement du système de transport collectif dans le Grand Tunis. Une série de décisions en ont émané :

La mise en place d'un nouveau mode de transport dénommé Réseau ferroviaire rapide, (RFR) pour la desserte des zones périphériques lointaines, le renforcement du réseau actuel du métro léger pour la desserte de la périphérie proche du Grand Tunis, la réorganisation et le réaménagement des pôles d'échanges du centre ville de Tunis, la création d'un réseau de bus express partiellement sur un site propre et le réaménagement des stations de rabattement et des pôles d'échanges en vue de faciliter les échanges intermodaux.

Les projets[10] qui seront réalisés à court et à moyen termes sont constitués de :
*La ligne ferroviaire "Tunis-Fouchana-M'hamdia", ligne C : 19,4 km
*La ligne ferroviaire 'Tunis-Bardo-Manouba-Mnihla", ligne D : 19,2 km
*La ligne ferroviaire Nord/Sud (C+F) sur le tronçon "Tunis PV-Bourgel" : 10,5 km.
*La ligne ferroviaire "Barcelone-Zahrouni (ligne E)" : 13,9 km
-La ligne du métro Ennasr (de la station Bourgel à la cité Ennasr) : 6 Km
*Les principaux pôles d'échange : Barcelone, Tunis Marine et Tunis PV.

Par ailleurs, l'exploitation de la ligne du métro léger de la Manouba est prévue pour octobre 2009, et celle de la ligne Tunis/ Borj Cedria le sera en 2010, avec la fin des travaux de réhabilitation et d'électrification de la ligne.
La SNCFT fera acquisition en 2010 de 16 trains électrifiés pour la ligne Tunis-Borj Cedria et 3 trains pour la ligne du Sahel. La société de Transport de Tunis se prépare, elle, à l'acquisition de 100 autobus fonctionnant au gaz naturel.

---

[7] *Louage LD : louage à longue distance Louage à bande rouge : utilisé pour se déplacer entre deux gouvernorats différents. Exemple : Monastir et Sousse.*
Louage CD : louage à courte distance : Louage à bande bleu_: utilisé pour se déplacer dans le même gouvernorat et seulement dans les villes urbaines ; exemple : de Sousse vers Sahloul.

[8] *La Société des transports de Tunis (STT).*
[9] *(http://www.gnet.tn/temps-fort/tunisie-les-nouveaux-plans-du-transport-collectif/id-menu-325.html)*
[10] *Les tracés définitifs de ces projets dont le coût total est estimé à 3200 millions de dinars sont d'ores et déjà approuvés. Une partie du projet RFR, couvrant 29 km sur un total de 85 km, sera réalisée d'ici 2011. Le coup d'envoi des travaux est prévu pour le mois d'octobre*

Hormis le renouvellement et l'extension du parc, les réseaux de transport public en sites propres (transport ferroviaire, métro léger, sites propres bus), seront développés. On s'achemine aussi vers une intégration des réseaux et des tarifs, ce qui signifie, la promotion du transport multimodal avec tarif unique.

4. Conclusion

On peut dire d'après ce qui précède que l'expérience intermodale dans la ville de Tunis est mieux évoluée que celle de la ville de Sousse. Cependant ; il ne faut pas oublier que la ville de Sousse comportera plusieurs projets de grande importance dans les années à venir tel que :

- Le nouveau port commercial de Sidi Abdelhamid
- Le technopôle de Sousse, qui couvrirait les secteurs de la mécanique, de l'électronique et de l'informatique
- Le réaménagement de la voie ferrée de Sousse
- Plateforme logistique Enfidha qui comporte : le port en eaux profondes d'Enfidha, L'aéroport d'Enfidha, Les pôles touristiques de Hergla et Salloum, Le réseau autoroutier
  Ainsi, dans quelle mesure la plateforme logistique Enfidha pourra t-elle renforcer le trafic intermodal des passagers dans la ville de Sousse ?

Références

[1] Direction générale de l'aménagement du territoire, Etude du schéma directeur d'aménagement de l'aire urbaine du Grand Sousse, rapport provisoire de 1ere phase, Tunis, *URBACONSULT*, (2004), 136 pages.

[2] Document de travail, PDU de la ville de Sousse inventaire de la situation actuelle, *forma plan*, (2003), 72 pages.

[3] Documents en arabe : analyse de 10ème et 9ème plan de développement.

[4] Loi n°33 de l'année 2004 du 19 avril 2004 portant sur l'organisation du transport terrestre (arabe).

[5] Margail F., intermodalité et interface : comprendre les usagers pour guider les décisions, rapport final, 2000, 161 pages.

[6] Massot M- H, Intermodalité et multimodalité dans le champ des transports urbains, *Séance MASTÈRE SIT*, 2002, 17 pages.

[7] Ministère de l'intérieur commun de Sousse, Révision du plan d'aménagement urbain de la ville de Sousse (PAU), Tunis, *groupement des bureaux d'études*,(2000), 145 pages.

[8] Ministère de transport, Plan directeur régional de transport du grand Sousse, phase III : plan d'actions à court et moyen termes, Tunis, *Sides*,(1995), 81 pages.

[9] Municipalité de Sousse, Etude du plan des déplacements urbains (PDU), phase 2 : diagnostic de l'état existant mémoire partiel, Tunis, *Sides*,(2005), 69 pages.

[10] Municipalité de Sousse, Etude du plan des déplacements urbains (PDU), Tunis, *Sides*, (2006),179 pages.

[11] Sahabana,M , bibliographie commentée par l'intégration urbaine des pôles d'échanges, Lyon 2, laboratoire d'économie de transport, 100 pages.

[12] Statistiques de l'Organisation et Coordination des Transports Urbains et Régionaux de Voyageurs en Tunisie – OCTURVT, 1998.

[13] http://www.centreforsustainabletransportation.or

[14]http://www.gnet.tn/temps-fort/tunisie-les-nouveaux-plans-dutransportcollectif/id-menu-325.html

Management of sustainable transport system

H, Kadri
Bureau d'études et travaux électriques
Algérie, (betel_dz@yahoo.fr)

Abstract.

For economic and environmental responsibility and for sustainable development, modern firms are required to implement energy saving programmes that include all the aspects of the activity (energy management, lighting, working ambiance conditioning, heaters, transport, steam production, compressed air, cooling systems, electric equipments, ventilation, heating processes).

This paper deals with the transport activity (personnel and goods). The aim is to have a thorough knowledge of the transport activity and try to organize it in such a manner as to bring about savings on energy consumption. The benefits could be financial, social or environmental.

The final objective is the implementation of this step-by-step energy saving plan to the transport activity. Each step deals with one aspect of the activity, defines the team to implement it, and determines the type of benefit, the time to carry it out and the cost of the operation.

Keywords : Transport, energy, sustainability.

1. Introduction.

1.1 Contexte global

Les conjonctures économiques et environnementales, nationales et internationales n'autorisent plus le gaspillage. En plus, des Lois nationales sur maîtrise de et l'audit énergétique obligent les entreprises à conduire des audits énergétiques avec des incitations financières

1.2 Contexte interne à l'entreprise

Le poste énergie devient très important dans le compte d'exploitation de l'entreprise. Ceci a rendu nécessaire l'élaboration d'un plan d'économies d'énergie, dans le but de réduire ce poste et devenir compétitive dans le secteur.

Le cout de l'énergie représente 55% des charges de l'activité transport. Ce pourcentage est en augmentation permanente.

1.3 Enjeux

Optimiser le transport, c'est:

- Réduire les consommations d'énergie,
- Réduire la dépendance vis-à-vis des produits pétroliers,
- Limiter les émissions des gaz à effet de serre.

Les deux domaines à investiguer sont:

- Le transport du personnel
- Le transport des marchandises

2. Développement du problème

2.1 Objectif

Ce document a pour but de définir, d'une façon ordonnée et systématique, les pistes permettant l'amélioration de l'éco-efficacité énergétique d'un système de transport

Il a pour vocation de s'enrichir des bonnes pratiques observées dans l'entreprise ou à l'extérieur et basées sur les recommandations des agences, nationales ou internationales, de maitrise d'énergie. Toute remarque ou suggestion est systématiquement prise en compte.

2.2 Les actions proposées sont de deux types:

2.2.1 Les bonnes pratiques:

- Comportementales (à cout zéro) qui relèvent de la sensibilisation et la formation du personnel, de la connaissance du matériel du transport et du suivi d'exploitation.
- Relatives au processus d'exploitation du matériel du transport (à faible cout) et qui comportent le diagnostic énergétique, l'optimisation du plan de maintenance, le remplacement ou la mise en place de nouveau matériels.

2.2.2 Les actions nécessitant des investissements (à cout significatif)

Elle comportent l'étude de modification et le remplacement du matériel en intégrant le critère de l'efficacité énergétique.

Pour chaque site, une liste de pistes a suivre sera proposée. Chaque type de matériel a ses spécificités et la mise en œuvre des ces pistes nécessitent une étude de faisabilité propre au matériel de transport et une étude de rentabilité, particulièrement si elles entrainent des investissements.
Une démarche d'économie d'énergie commence par un travail important de récolte d'informations, de mesurage et d'analyse qui doit mettre à plat:

- L'utilisation des différents carburants.
- Le plan de déplacement de l'entreprise.
- Les besoins de l'entreprise en énergie.

Cette démarche aura une répercussion positive sur :

- Les impacts environnementaux.
- La qualité du transport
- Les couts de maintenance.

2. 3 Fiche techniques;

Les pistes à suivre et les actions à prendre sont classées, par service, dans des fiches techniques sous forme de tableaux. Ces fiches techniques constituent la base du projet (Tableaux suivants)

Dans la fiche, il est aussi indiqué le domaine concerné (Exploitation, Maintenance, Etudes), le délai de mise en œuvre (Court terme, moyen terme, long terme), les couts (zéro, faible, investissement) et le type de gains (Financiers, sociaux, environnementaux)

Intitulé de la fiche : SUIVI DU PARC VEHICULES
N° de la fiche : TRP-1-01
Description de l'action :
1. Sensibilisation du personnel- 2. Désignation d'un responsable du parc véhicules- 3. Entretien des véhicules

Service concerné Services généraux
Domaine: Exploitation
Délai de mise en œuvre: court terme
Cout: Zéro
Type de gain: Financier, environnemental

Les étapes de l'action :	Matériel nécessaire :
1. Sensibilisation du personnel: • A une conduite économique (gain de 20 % sur route et 40 % en ville) • Au retrait des charges inutiles dans les véhicules et des galeries non utilisées (gain de 10 % pour une galerie vide) • Arrêt du moteur en cas d'arrêt du véhicule pendant plus de 5 mn)	1. Affiche, mémento, transparents
2. Désignation d'un responsable du parc véhicules • Nommer un responsable du parc • Définir sa ✓ Suivi des kilométrages parcourus et des consommations par véhicule ✓ Suivi du planning d'entretien des véhiculés ✓ Suivi des opérations d'entretien	2. Tableur sur PC
3. Entretien des véhicules • Veuillez a ce que les utilisateurs des véhiculés respectent les programmes d'entretien (si l'entretien n'est pas effectué, la consommation de carburant peut augmenter de jusqu'à 2 litres pour 100 km parcourus) • Faites vérifier mensuellement l'état des pneus (pression, usure) ✓ Augmentation de la consommation de 3 % pour un défaut de parallélisme de 1° ✓ Augmentation de la consommation de 3 % pour un déficit de pression de 0,3 bar ✓ Diminution de la durée de vie des pneus trop gonflés	3. Carnets d'entretien, affichage dans le véhicule des pressions des pneus Manomètre de contrôle de la pression des pneus

Intitulé de la fiche : OPTIMISATION DU TRANSPORT DU PERSONNEL
N° de la fiche : TRP-1-02
Description de l'action :
1 Optimisation des déplacements professionnels
2 Mise en place d'un Plan de Déplacement entreprise (PDE)

Service concerné: Services généraux
Domaine: Exploitation
Délai de mise en œuvre: Moyen terme
Cout: faible
Type de gain Financier, social, environnemental

Les étapes de l'action :	Matériel nécessaire :
1. Optimisation des déplacements professionnels • Faire une enquête sur les différents types de déplacements • Choisir les modes de déplacements en fonction du trajet, du nombre de personnes, des couts... • Penser aux alternatives aux déplacements : visioconférences, liaisons internet, conférences téléphoniques	1 Visiophone Internet hait debit
2. Mise en place d'un Plan de Déplacement entreprise (PDE) • Négocier avec les operateurs de transport l'aménagement des horaires des transports en commun desservant votre zone d'activité pour faciliter l'utilisation des transports en commun • Etudier la possibilité d'aider financièrement les salariés utilisant les transports en commun pour leurs trajets domicile – lieu de travail • Proposer aux salariés et visiteurs des solutions d'accès plus respectueuses de l'environnement (transports en commun, vélo, covoiturage, stationnement…) • Mettre un système permettant le covoiturage (panneaux d'affichage, cahiers, réservation intranet…)	2 Suivant solution retenue

Intitulé de la fiche : OPTIMISATION DU TRANSPORT DES MATIERES

N° de la fiche : TRP-1-03

Description de l'action :

1 Plan de livraison
2 Gestion du remplissage des véhicules
3 Alternatives au transport routier

Service concerné: Services généraux

Domaine: Exploitation

Délai de mise en œuvre: Moyen terme

Cout: Faible

Type de gain: Financier, environnemental

Les étapes de l'action :	Matériel nécessaire :
1. 1Plan de livraison • Planifier les itinéraires pour minimiser les déplacements (temps et distance) • Utiliser des logiciels permettant de déterminer le trajet optimal	1. Logiciels ou site internet Itinéraire routier
2. Gestion du remplissage des véhicules • Optimisation du taux de remplissage en adaptant les trajets et les horaires	2. Outil de gestion
3. Alternatives au transport routier • Etudier les autres solutions de transport : ferroviaire fluvial (pour des couts similaire, la quantité d'énergie nécessaire pour transporter une tonne utile est divisée par 2 en ferroviaire et par 4 en convoi fluvial poussé	3. Sans objet

<table>
<tr><td colspan="2">Intitulé de la fiche : RENOVATION DU PARC VEHICULE
N° de la fiche : TRP-2-01
Description de l'action :
1 Adaptation du parc aux types de déplacements
2 Achat de véhicules
Service concerné: Services généraux
Domaine: Exploitation
Délai de mise en œuvre: Long terme
Cout: Investissement
Type de gain: financier, environnemental</td></tr>
<tr><td>Les étapes de l'action :
1. Adaptation du parc aux types de déplacements
• Utiliser des véhicules de petites cylindrées (1,2 litres maximum) ou des véhicules propres (gaz naturel, électriques, diesel avec filtre à particules) pour les déplacements sur des courtes distances (ville, interne site)
• Mettre à disposition des vélos ou vélomoteurs pour des déplacements inferieurs au kilomètre
2. Achat de véhicules
• Faites de la consommation de carburant un critère prépondérant d'achat
• Etudier l'achat de véhicules propres :
✓ Véhicule électrique : pas d'émission atmosphérique sur le trajet, durée de vie du moteur : 1 million de km, chargement de batterie en heures creuses : 2 euros pour 100 km parcourus
✓ Véhicule au GNV ou GPL : moins d'émissions de particules
✓ Véhicule diesel avec filtre a particules</td><td>Matériel nécessaire :
1. Vélos, véhicules
2. Véhicules..</td></tr>
</table>

2.4 Mise en œuvre

Pour une mise en œuvre efficace, le projet peut être organisé comme suit:

- Désignation d'un responsable « énergie » par site
- Constitution d'un groupe de travail par site comprenant tous les responsables :

Le groupe de travail pourra être assisté d'un ou plusieurs spécialistes des domaines étudiés.

Un bureau d'études "Maitrise de l'énergie" pourra être consulté pour fournir une méthode, faire partager les bonnes pratiques mises en œuvre dans et hors du groupe. Il assistera à l'élaboration du plan de déplacement de l'entreprise et des plans d'actions.
La démarche optimale se déroulera comme suit:

- Réalisation d'un diagnostic énergétique: qui s'appuiera sur la compagne de mesure adéquate.
- Mise en œuvre des actions après validation par le groupe de travail
- Suivi régulier des performances énergétiques des installations pour un pilotage optimal

Définitions

Plan déplacement entreprise : étude réalisée par l'entreprise pour faciliter le déplacement des personnes et des produits

3. Conclusions.

Ce travail fait partie d'un plan d'économie d'énergie global ; installé dans une PMI qui fabrique les gaz de l'air. Ce plan a englobé tous les aspects de l'activité de l'entreprise. Les résultats sont satisfaisants.

4. Références

1. "Using the global framework for climate risk disclosure". Publication of Ceres (October 2006).
2. "L'ancrage des entreprises dans les territoires". Publication IMS/ORSE (Avril 2006).
3. Douglas G. Cogan "Corporate governance and climate change" Summary report. Publication of Ceres (March 2006).
4. "Plan de déplacement; ecomobilité". Publication Ademe. (2008)
5. "Conversion au GPL". Publication APRUE. (2006)

Notes:
Ceres: Coalition of environmental organizations and other public interest groups
IMS: Association d'entreprises
ORSE: Observatoire sur la responsabilité sociétale des entreprises
Ademe: Agence (Française) de l'environnement et de la maitrise de l'énergie
Aprue: Agence (Algérienne) pour la rationalisation de l'utilisation de l'énergie

A multiobjective focus for efficiency in nonidentical circle packing problems

M. Arana-Jiménez[1], L.L. Salles Neto[2], A. Rufián-Lizana[3], G. Ruiz-Garzón[4] and G.M. Nieto-Gallardo[5]

[1] Departamento de Estadística e I.O., Universidad de Cádiz, Cádiz, España, manuel.arana@uca.es
[2] Departamento de Ciencia e Tecnologia, Universidade Federal de Sao Paulo, Brazil, luiz.leduino@unifesp.br
[3] Departamento de Estadística e I.O, Universidad de Sevilla, Sevilla, España, rufian@us.es
[4] Departamento de Estadística e I.O, Universidad de Cádiz, Cádiz, España, gabriel.ruiz@uca.es
[5] Departamento de Matemáticas, IES Asta Regia, Jerez, España, otein@ono.com

Abstract. We present a new mathematical approach to obtain efficient solutions for the allocation of instruments or pieces of equipment in a spacecraft or satellite. For this purpose, a multiobjective nonidentical circle packing problem is formulated, with two objectives to minimize: the radius of the circle containing all of the objects and the imbalance. To prove these new results we propose new optimality conditions and properties for the involved functions in the vector optimization problem.

Keywords: Circle Packing Problem, Efficiency, Mathematical Programming, Vector Optimization.

1. Introduction

We present and study a multiobjective nonidentical circle packing problem (MoCPP), also called layout optimization problem (LOP) [1], which aims to obtain efficient solutions to two objectives: the radius of the container and the imbalance, seeking the allocation of instruments or pieces of equipment in a spacecraft or satellite, without overlapping. This problem is formulated under multiobjective mathematical model (MoCPP), what supposes a new contribution in this subject. Furthermore, we provide new conditions to obtain solutions to this problem, thanks to the instruments used in vector optimization.

In relation to this kind of problems, in the literature we have only found scalar approaches, that is, the formulation and solution of the problem is treated as a scalar optimization problem, with only one objective function (see [1,2]). However, vector optimization is being developed and applied to many classical situations, but under a new focus. However, the same scalar circle packing problem (CPP) is a difficult problem to solve: it has an inffinite number of optimal alternatives, an exponential number of local optima which are not globally optimal, and an uncountable set of stationary points, i.e., solutions that satisfy some optimality conditions without being local optima.

Castillo et al. [3] presented several industrial applications of the circle packing problem and some exact and heuristic strategies for their solution. In this regard, Oliveira et al. [2] have given new heuristics methods for the distribution of nonidentical circles:

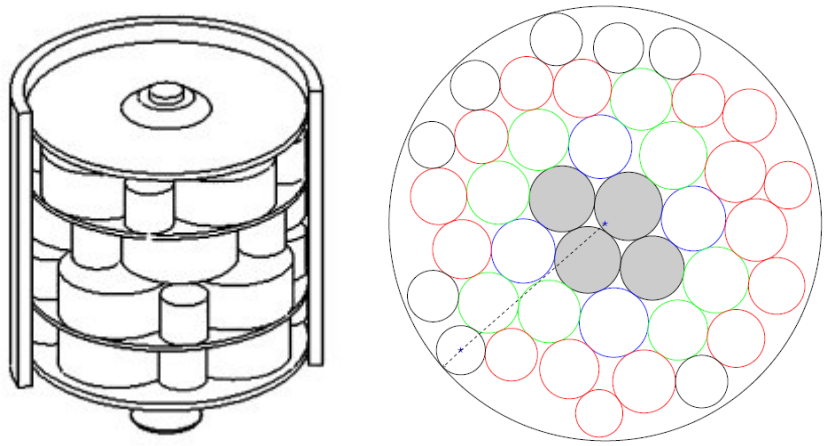


Fig.1: Distribution of nonindentical circles (equipment in a satellite)

The outline of this paper is as follows: we give a general introduction of the multiobjective optimization problem, present a vectorial formulation for nonidentical circle packing problems, and provide the properties of the involved functions in order to ensure that an optimal condition leads us to an efficient solution. In this way, we characterize these properties, called KT-pseudoinvexity. These results are being studied and established by Salles et al. [5]. Finally, we state some final conclusions.

2. Formulation and solution of our problem

2.1. A new formulation

We assume there are n objects to be laid out. The radius of the objects are r1, r2 , ..., rn, and their masses are m1, m2, ..., mn, respectively . The radius of the container is r0. The origin of the cartesian coordinate system is set to the center of the container. Let the 2n+1-dimension vector z = (r, x1, x2,..., xn, y1, y2, ..., yn) denote a layout, where (xi , yi) is the center of object i.

Therefore, the multiobjective mathematical model is as follows:

$$\text{(MoCPP)} \quad \text{Minimize } f(z) = (f_1(z), f_2(z))$$
$$\text{subject to: } z \in X$$

where

- $f_1(z) = r \equiv$ The envelopment objective attempts to minimize the radius of the circle containing all of the objects.
- $f_2(z) = \left(\sum_{i=1}^{n} m_i x_i\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{n} m_i y_i\right)^2 \equiv$ The imbalance objective attempts to minimize the non-equilibrium of mass for a collection of objects around the central point.
- $X = \{z \in R^{2n+1}, r \leq r_o; \quad x_i^2 + y_i^2 \leq r^2 - 2rr_i + r_i^2 \text{ for all } i = 1, \ldots, n; \quad (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 \geq r_i^2 + 2r_i r_j + r_j^2 \text{ for all } i = 1, \ldots, n-1; \; j = i+1, i+2, \ldots, n.\}$.

Up to date, this type of problem has been formulated and treated as a scalar optimization problem. In this regard, we move on a new focus, by a multiobjectve formulation, for which new optimality conditions have to be derived and new properties on the involved functions have to be studied. So, new classes of functions are introduced from recent optimization works ([2, 3]), based on generalized convexity. We provide the minimal condition on the multiobjective function in order to ensure that a critical point is a weakly efficient solution for our multiobjective problem. In this way, we characterize these new properties on the function.

2.2. Efficiency and Optimality conditions

We can assume that (MoCPP) is included in a more general problem, which is formulated as follows:

$$\begin{gathered}(VOP)\ \ Min\ \ f(x)\\ Subject\ to:\\ g(x) \leqq 0\\ x \in S\end{gathered}$$

where S is an open subxet of R^n, $f = (f_1,\ldots,f_p) : S \subseteq R^n \rightarrow R^p$ and $g = (g_1,\ldots,g_m)\ ) : S \subseteq R^n \rightarrow R^m$ are differentiable. The following convention for equalities and inequalities is assumed, for $x=(x_1,\ldots,x_n)$, $y=(y_1,\ldots,y_n)$:

$x = y \Leftrightarrow x_i = y_i, \forall i = 1,\ldots,n$

$x < y \Leftrightarrow x_i < y_i, \forall i = 1,\ldots,n$

$x \leqq y \Leftrightarrow x_i \leq y_i, \forall i = 1,\ldots,n$

$x \leq y \Leftrightarrow x_i \leq y_i, \forall i = 1,\ldots,n$, and there exist j such that $x_j < y_j$.

Note that the classical definition for optimal solution is not possible for a vector problem. We need new concepts. These are based on efficiency, that is, a feasible point which is not possible to be improved in some sense. For this purpose, we are going to use several types in the literature for multiobjective problems. In this way and following, we have one of the most important concepts:

Definition 1
A feasible point, $\bar{x}$, is said to be a weakly efficient solution for (VOP) if there does not exist another feasible point, x, such that $f(x) < f(\bar{x})$.

Now we need soem optimality conditions to obtain weakly efficient solutions for our problem (VOP), and from this, for (MoCPP). Kuhn-Tucker conditions are very useful, since they allow us to obtain weakly efficient solutions for (VOP). To obtain the sufficient condition we need the following definition (see [4,5]).

Definition 2
A feasible point $\bar{x}$ for (VOP) is said to be strict Kuhn-Tucker vector critical point, SKTVCP, if there exist $\lambda \in R^p$, $\mu \in R^m$ such that

$$\lambda^T \nabla f(\bar{x}) + \mu^T \nabla g(\bar{x}) = 0$$
$$\mu^T g(\bar{x}) = 0$$
$$\mu \geqq 0$$
$$\lambda > 0$$

If we replace $\lambda > 0$ by $\lambda \geq 0$ then $\bar{x}$ is said to be a Kuhn-Tucker vector critical point, KTVCP. Following similar studies by Osuna et al. [6] and by Arana et al. [7,8], we will obtain weakly efficient solutions from SKTVCP, for what we propose (see[5]) the next definition for the involved vector functions of (VOP):

Definition 3

A (VOP) is said to be KT-pseudoinvex-III at $\bar{x}$ *if there exists a vector function* $\eta : S \times S \to R^n$ *such that for all feasible points x*

$$f(x) - f(\bar{x}) < 0 \Rightarrow \begin{cases} \nabla f(\bar{x})\eta(x,\bar{x}) \leq 0 \\ \nabla g_j(\bar{x})\eta(x,\bar{x}) \leqq 0, \forall j \in I(\bar{x}) \end{cases}$$

Where $I(\bar{x}) = \{j = 1,...,m : g_j(\bar{x}) = 0\}$.

KT-pseudoinvexity-III has got some suitable properties to obtain weakly efficient for our original problem (MoCPP) from points verifying definition 2. We have established necessary and sufficient conditions. Let us see them.

2.3. Main result

Based on the properties of KT-pseudoinvexity of the functions, we can locate weakly efficient solutions for (MoCCP) from Kuhn-Tucker vector critical points, SKTVCP. For this purpose, we have established the following result for our circle packing problem.

Theorem 1

If x is a SKTVCP of (MoCCP) then x* is a weakly effcient solution for (MoCCP).*

So, by the study of the properties of the involved functions on (MoCCP), we can conclude an optimality result, from classical optimality instruments.

3. Conclusions

In this paper, we have presented a new vetorial formulation for a circle packing problem. This allows us to use new multiobjective methods, and therefore, to provide sufficient conditions for weakly efficient solutions. Nowadays, these problems appear in industry, and they are very applied in order to obtain an efficient distribution of the instruments in a spacecraft, for example.

Acknowledgements.

This work was partially supported by the grant MTM2010-15383 of the Science and Education Spanish Ministry.

References

[1] R.B. Xiao, Y.C. Xu and M. Amos, Two hybrid compaction algorithms for the layout, BioSystems 90 (2007) 560-567.

[2] W.A. Oliveira, L.L. Salles, A.C. Moretti and M.P. Mello, Uma heurística para o problema de empacotamento círculos desiguais, submitted (2010).

[3] Castillo, I., Kampas, F. and Pinter, J., Solving circle packing problems by global optimization: Numerical results and industrial applications. European Journal of Operational Research 191(2008)786-802.

[4] M. Arana, L.L. Salles, A. Rufián, G. Ruiz and G.M. Nieto, Efficiency in cutting stock problems, CCII, Tetouan (2010) 104-110.

[5] L.L. Salles, M. Arana, G. Ruiz and A. Rufián, Weak efficiency in multiobjective circle packing problem, submitted (2010).

[6] R. Osuna, A. Beato and A. Rufián, Generalized Convexity in Multiobjective Programming, J. Math. Anal. Appl. 233 (1999) 205-220.

[7] M. Arana, A. Rufián, R. Osuna and G. Ruiz, Pseudoinvexity, optimality conditions and efficiency in multiobjective problems; duality, Nonlinear Analysis 68 (2008) 24-34.

[8] M. Arana, A. Rufián, R. Osuna and G. Ruiz , A characterization of pseudoinvexity in multiobjective programming, Mathematical and Computer Modelling 48 (2008) 1719-1723.

Propuesta de procedimiento para evaluar la factibilidad del uso de combustibles alternativos en vehículos automotores.

Emilio Rodríguez Pérez[1], Carlos Manuel Bonet Borjas[2]

[1] Departamento CEIM, Grupo Transporte, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, calle 114 #11901, entre 119 y 127, Cujae, Marianao, Cuba, erodriguez@mecanica.cujae.edu.cu.
[2] Departamento CEIM, Grupo Transporte, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, calle 114 #11901, entre 119 y 127, Cujae, Marianao, Cuba, bonet@mecanica.cujae.edu.cu.

Abstract. Due to the contamination taken place by the emissions to the environment, mainly of the motors of internal combustion in the branch of the transport an incessant search of solutions has begun with the objective of diminishing this contamination and one cannot stop to also mention that the reservations of fossil fuels are not eternal sources, they will arrive the moment of its exhaustion. Of course one of these solutions has been the investigation on the use of alternative fuels as main source of energy in this motors of internal combustion. Everything takes it diverse studies they demonstrate the feasibility so much technique, as economic of these projects. In this work he intends a procedure to evaluate the feasibility of the use of the alternative fuels in self-driven vehicles, so much technical as economically since these two factors can never get divorced one of the other one. Next the steps of the proposed procedure are offered.

1. Selection of the alternative fuel that they will begin to use a certain fleet of vehicles.
2. Monitoreo and taking of data of the operation of the vehicles after a certain distance.
3. Application of the analysis techniques through the lubricant one to analyze the technical state of this and in turn the technical state of the motor.
4. Application of the technique of Pareto to define the most critical pieces in the motor product of the use of the alternative fuel.
5. Analysis of reliability of the most critical pieces to define their rhythm of change so much in the maintenance operation or for eventual flaws.
6. Analysis of the waste happened in the components and attachés of the motor.
7. Economic analysis of the investigation and of the feasibility of the use of the alternative selected fuel.
8. Analysis of the energy efficiency of the vehicles involved in the study.

Keywords: vehicles, reliability, feasibility, alternative.

1. Introducción.

La contaminación del aire debido a las emisiones que se producen por parte de los motores de combustión interna, principalmente de automóviles, contribuyen significativamente a que se produzca

el efecto invernadero siendo causa esto del cambio climático, el calentamiento y contaminación global, derivada del uso de energías renovables.

Por estas y muchas otras razones actualmente se está potenciando el uso de energías renovables no convencionales, como son los combustibles alternativos.

Todos ellos reducen el volumen total de CO_2 que se emite en la atmósfera, ya que lo absorben a medida que crecen y emiten prácticamente la misma cantidad que los combustibles convencionales cuando se queman, por lo que se produce un proceso de ciclo cerrado.

Al comprender la necesidad de disminuir la contaminación ambiental y además del agotamiento de del petróleo se evidencia la necesidad de promover investigaciones sobre los combustibles alternativos. Por supuesto que el comenzar a usar cualquier tipo de combustible de este tipo en una flota de transporte lleva un estudio para analizar la factibilidad de la utilización de este y que efectos puede tener esto sobre el estado técnico de los vehículos y además realizar un estudio técnico económico que justifique que una determinada flota de transporte puede pasar de utilizar combustibles convencionales a utilizar algún tipo de combustible alternativo, ya sea de un tipo de obtención o de otra. [3]

Ya en disímiles países, lo mismo del Continente americano como en el territorio europeo, se realizan diversos estudios en aras de valorar la factibilidad del uso de distintas fuentes de energía en flotas de transporte lo cual aportaría beneficios con respecto al la preservación y cuidado del medio ambiente, y se ha demostrado con respecto ya algunos experimentos realizados en motores de combustión interna que hay componentes de dichos motores (principalmente del sistema de alimentación) que sufren un menor desgaste cuando funcionan con combustible alternativo.

Por todas estas ventajas se hacen necesarios estudios que demuestren que es factible la utilización de este tipo de combustibles en el transporte automotor. Por esta razón la propuesta de esta investigación.

2. Procedimiento para evaluar la factibilidad del uso de combustibles alternativos en vehículos automotores.

A continuación se brindan los pasos para el desarrollo del procedimiento propuesto. El cual se nutre de diversas técnicas de análisis las cuales han sido combinadas e interrelacionadas entre si.

1. Selección del combustible alternativo que va a comenzar a utilizar una flota determinada de vehículos.
2. Monitoreo y toma de datos del funcionamiento de los vehículos después de un determinado kilometraje.
3. Aplicación de las técnicas de análisis a través del lubricante para analizar el estado técnico de este y a su vez el estado técnico del motor.
4. Aplicación de la técnica de Pareto para definir las piezas más críticas del motor producto del uso del combustible alternativo.
5. Análisis fiabilístico de las piezas más críticas para definir su periodicidad de cambio tanto en la operación de mantenimiento o por fallas eventuales.
6. Análisis de los desgastes ocurridos en los componentes y agregados del motor.
7. Análisis económico de la investigación y de la factibilidad del uso del combustible alternativo seleccionado.
8. Análisis de la eficiencia energética de los vehículos involucrados en el estudio.

2.1. Selección del combustible alternativo que va a comenzar a utilizar una flota determinada de vehículos. [4]

Para llevar a cabo esta selección se hace necesario realizar un análisis de diversos factores que pueden influir tanto en el estado técnico del vehículo como en el proceso de producción de la flota en cuestión. Así como también conlleva un estudio de la factibilidad económica.
Principalmente se requiere un análisis de las ventajas y las desventajas. Un ejemplo de ello se puede constatar en la tabla 1.

Combustibles alternativos	
Etanol	Biodiesel
Ventajas	
1. Al ser renovable y producido localmente, el etanol permite disminuir la dependencia del petróleo, lo que mejora la seguridad energética de los países. Esto es aún más importante para los países no productores de petróleo, dado que la mayoría de este se encuentra en zonas de alta inestabilidad política, como el Medio Oriente, y que la tendencia de los precios es continuar aumentando o manteniéndose elevados. 2. El etanol, al ser un oxigenante de las gasolinas, mejora su octanaje de manera considerable, lo que ayuda a descontaminar nuestras ciudades y a reducir los gases causantes del efecto invernadero.	1. El biodiesel tiene mayor lubricidad que el diesel de origen fósil, por lo que extiende la vida útil de los motores. 2. Es más seguro de transportar y almacenar, ya que tiene un punto de inflamación 100°C mayor que el diesel fósil. El biodiesel podría explotar a una temperatura de 150°C. 3. El biodiesel se degrada de 4 a 5 veces más rápido que el diesel fósil y puede ser usado como solvente para limpiar derrames de diesel fósil.

Tabla 1. Comparación entre las ventajas de utilización del etanol y el biodiesel.

Como se mencionó anteriormente también se deben tener en cuenta desventajas de utilización.

2.2. Monitoreo y toma de datos de los vehículos.

Al realizarse un monitoreo de una flota se pueden recopilar distintos tipos de datos para luego ser analizados. En el caso de este procedimiento se recomiendan los siguientes datos en la tabla 2. Se recomienda se siga el formato tabla para ayudar en la organización del trabajo.

Kilometraje	**Modelo**	**Tipo de motor**	**Tipo de fallo**

Tabla 2. Datos del monitoreo.

2.3. Análisis a través del lubricante.

Se hace necesario la extracción de muestras de lubricante del motor realizar el diagnostico a partir de este proponiendo que se realice el diagnóstico través del aceite usando el ensayo de la mancha.
Este ensayo fue desarrollado por el Instituto Francés del Petróleo y luego perfeccionado por la Real Escuela Militar Belga. El ensayo consiste en depositar una gota de aceite usado sobre un papel de filtro especial y observarla al cabo de varias horas. La gota se deposita con una varilla cilíndrica de vidrio de 3-6mm de diámetro, aunque en caso de seguimiento de motores en servicio, se puede utilizar la varilla indicadora de nivel de aceite. [1]
En este ensayo se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. Forma de la mancha.
2. Interpretación de la mancha.

1. Forma de la mancha**.**

❖ La mancha en un aceite nuevo presenta dos zonas (Fig. 1).

1- Zona A, núcleo o parte central.

2-Zona B, o de difusión.

❖ La mancha de aceite usado presenta generalmente 3 zonas y una línea (Fig. 2)

1-Zona A y B

2-Zona C o traslúcida.

3-Línea D o aureola.

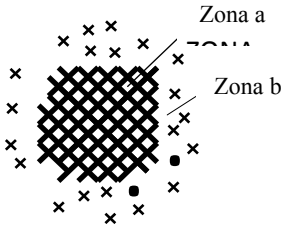


Fig. 1 Mancha de aceite nuevo.

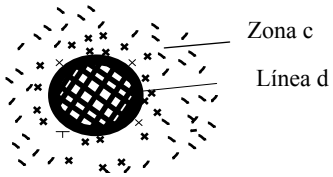


Fig. 2 Mancha de aceite usado.

2.4. Técnica de Pareto.

El método de Pareto plantea que el 20% de los aspectos que se estudian provocan el 80% de los problemas. En el desarrollo del método se confeccionan una tabla estadística en la cual se clasifican los sistemas y los elementos por clases (A, B, C). Aquellos elementos que resulten clase A son los de mayor peso en el estudio ya que deben representar alrededor del 80 % de los problemas. Con el uso de este método se pueden despejar todos aquellos elementos que en

realidad no son de gran influencia en el estudio. Como se puede ver con los datos que se irán obteniendo del monitoreo y este método se definirán las piezas que más fallan (piezas críticas) en los vehículos, encaminando hacia ellas el estudio fiabilístico. Es de suma importancia tres pasos importantes para el éxito de Pareto. [2]

1. Construcción del resumen estadístico.
2. Construcción del resumen por clases.
3. La elaboración del diagrama de Pareto.

2.5. Análisis fiabilístico.

Habiendo definido las piezas más críticas al aplicar Pareto, pues se pasa a realizar un análisis fiabilístico, introduciendo así en el estudio un tratamiento estadístico de la situación. Con este análisis se perseguirá definir intervalos de confianza de funcionamiento de piezas y agregados del vehículo para así influir sobre las periodicidades de mantenimiento de estos, demanda de intercambio de piezas, ley de distribución estadística a que se ajusta esta serie estadística, entre otros. Pasos para el procedimiento fiabilístico. [2]

1. Selección de la muestra mínima.
2. Recoger la información de las variables aleatorias del artículo o los artículos que se estén analizando de un determinado evento (Ejemplo: fallos de la máquina).
3. Ordenamiento de las variables aleatorias del fallo que se esté analizando (Ejemplo: fallo de la correa de distribución) en una serie simple creciente o decreciente.
4. Determinación de la cantidad de intervalos para la serie estadística.
5. Determinación del ancho del intervalo.
6. Representación tabular de la distribución de frecuencia.
7. Cálculo de los estadígrafos.
8. Limpieza de la muestra.
9. Representación gráfica.
10. Planteamiento de la hipótesis.
11. Cálculo de función de distribución teórica [$F(X)$].
12. Cálculo de la frecuencia relativa teórica [$f(X)$] para el ajuste de curva por el método del x^2.
13. Cálculo de las diferencia entre la función de distribución teórica y la función experimental para el ajuste de curva por el método Kolmogorov- Smirnov.
14. Ejecución del ajuste de curva.
15. Determinación del intervalo de confianza.
16. Cálculo de la índices simples y complejos de fiabilidad.
17. Construcción de la curva de mortandad y/o de supervivencia
18. Cálculo del intercambio de piezas.

2.6. Análisis de los desgastes.

Para la evaluación del desgaste ocurrido en las piezas más críticas se propone el método gravimétrico en el cual se determina la pérdida en peso, como se puede apreciar en (1), que tiene lugar cuando se exponen los elementos de interés al medio agresor durante un determinado periodo de tiempo, en este caso se evaluarán los desgastes para el combustible alternativo que está usando la flota y se compararía con un vehículo similar que utilice combustible convencional y que se comience también a monitorear al mismo tiempo que la flota. [6]

$$W_g = G_0 - G_f \qquad (1)$$

W_g -Desgaste gravimétrico (g).

G_0 -Peso inicial (g).

G_f -Peso final (g).

2.7. Factibilidad económica de la utilización de combustible alternativo.

Después de haberse estudiado de disímiles maneras la factibilidad del uso de combustibles alternativos, entonces es hora de pasar a realizar un análisis económico para definir si en efecto es factible que una flota de vehículos pase de usar combustible convencional a combustible alternativo. Para ello se propone se realice un análisis económico- financiero para la evaluación del proyecto.
Se recomienda se sigan dos pasos fundamentales:

1. Definir el horizonte de planificación.
2. Calcular los indicadores.

Definir el horizonte de planificación: Es el período de tiempo, medido normalmente en años, para el cual se va a realizar el análisis de proyecto, es decir, el que transcurre desde que se inicia una inversión hasta que deja de producir los resultados esperados.
Por último se recomienda la utilización de los siguientes indicadores:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna Retorno (TIR)
- Período de Recuperación (PR)

Paralelo a este análisis también se puede analizar el costo que van teniendo las acciones de mantenimiento cuando se modifique (si fuera necesario) la periodicidad de mantenimiento producto del estudio fiabilístico utilizándose la expresión:

$$C_m = C_D + C_I \tag{2}$$

C_m -Costo de la acción de mantenimiento.

C_D -Costos directos.

C_I - Costos indirectos.

Para el cálculo de los costos directos e indirectos existen expresiones definidas en [2].

2.8. Análisis de la eficiencia energética. [5]

Paralelo al resultado económico que se obtenga para el análisis de la factibilidad de la aplicación del proyecto también se propone un método para evaluar la eficiencia energética de los automóviles, conocido como El Nuevo Ciclo Básico, donde se define el Coeficiente de Efectividad de trabajo del Automóvil (CETA), su expresión de cálculo ya después de haberla trabajado queda de la siguiente forma:

$$CETA = \frac{0{,}5 m_c (v_E - v_{mín1})^2}{q_{impulso} \cdot \rho \cdot H_u} \tag{3}$$

m_c - masa de combustible

v_E - velocidad de crucero

$v_{mín1}$ - velocidad mínima

$q_{impulso}$ - impulso

ρ - densidad del combustible

H_u - valor calórico del combustible

3. Conclusiones.

Ventajas

1. El procedimiento propuesto se puede aplicar a cualquier flota de transporte, sin importar su régimen de explotación.
2. No demanda grandes inversiones para la fabricación de bancos de prueba.
3. De fácil aplicación por los profesionales de la rama.
4. Brinda resultados rápidos y confiables.
5. No requiere de sofisticados equipos de diagnóstico.

Limitaciones

1. Sólo se diagnostican sistemas, piezas y agregados relacionados directamente con el motor de combustión interna.
2. La selección del combustible alternativo se realiza de forma teórica.
3. No se cuenta con un sistema automatizado para el monitoreo de las fallas de todos los modelos de vehículos de una flota X.

Posibles aplicaciones

Puede ser aplicado a cualquier flota de vehículos que pretenda usar un combustible alternativo.

Referencias.

[1] Bonet Borjas, Carlos Manuel, Monografía Diagnóstico técnico. ISPJAE, La Habana (2010).

[2] Bonet Borjas, Carlos Manuel, Monografía Fiabilidad aplicada al transporte. ISPJAE, La Habana (2011).

[3] Chalá Pérez, Franklin Santiago, Estudio comparativo del uso de biocombustible y gasolina en motores de ciclo otto. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico. Facultad de ingeniería mecánica. Escuela Politécnica Nacional de Quito (2008).

[4] Colectivo de autores, Preguntas y respuestas más frecuentes sobre biocombustibles. IICA, San José (2007).

[5] Pérez Gálvez, Ramón, El nuevo ciclo básico: una alternativa para evaluar la eficiencia energética de los automóviles. Universidad de Cienfuegos (2006).

[6] Villegas Aguilar, Pedro Julio, Estudio preliminar de la influencia del biodiesel en el desgaste del sistema de alimentación de los motores de combustión interna. Universidad Central de Villa Clara (2006).

Costa del Sol Occidental: redes, infraestructura y desarrollo urbano.

Antonio Jesús Palacios Ortiz[1]

[1] Arquitecto, Área de Proyectos Arquitectónicos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Granada, Avenida de Andalucía, 38, 18071, Granada, España, a.palaciosortiz@gmail.com

Abstract. During the last 50 years, the urban and infrastructure development derived from tourism exploitation of this territory has become the *Costa del Sol* into a recognizable entity, made of fragments with different characteristics related to decades of urban research.

This development process in the *Costa del Sol* has become it into an urban laboratory as a result of an economic / speculative optimization process with negative consequences.

The study of the process of colonization of this area highlights the importance of infrastructure assets as a basis for urban development. They play a key role in internal and external connections, allowing the *Costa del Sol* to have the versatility to reorganize itself and keep on growing.

The project of extension of the coastal railway to the west may be considerate not only as a proposal to improve the internal mobility in the *Costa del Sol* metropolitan system, but also an opportunity to intervene in the territory with a global strategy.

Keywords: Costa del Sol, metropolitan networks, sustainability, coastal railway.

1. Introducción.

En los últimos cincuenta años, la Costa del Sol Occidental ha sido objeto de grandes cambios estructurales que han modificado sustancialmente tanto su fisonomía como la concepción que hoy en día tenemos de ella como territorio. El principal desencadenante de estas modificaciones fue un profundo cambio en la estructura económica de la zona en la década de 1950. Ello provocó el abandono del sector primario que basaba su subsistencia en la explotación agrícola y en la pesca, para volcarse en un sector servicios mucho más rentable, dominado por el recién nacido turismo de masas propio del estado del bienestar.

Las favorables características que presentaba la Costa del Sol Occidental, unidas a su dotación infraestructural, basada en la existencia de dos aeropuertos (el de Málaga en el extremo oriental, y el de Gibraltar en el extremo occidental) y una carretera nacional que los une atravesando longitudinalmente la costa a escasos metros de la playa, propiciaron la rápida implantación de la industria turística, su éxito y su posterior expansión.

La rápida expansión del inicial turismo selecto y elitista hacia un turismo de masas unido a su posterior reconversión en un turismo residencial, han terminado conformando en este territorio un conglomerado urbano de más de cien kilómetros de longitud dominado por la cultura del automóvil, en el que conectividad, servicios, sol y playa conviven en grandes urbanizaciones de límites confusos (Fig. 1).

En este contexto se ha desarrollado la investigación "Dinámicas territoriales en la Costa del Sol Occidental" realizada como proyecto fin de carrera, en la que se han llevado a cabo estudios sobre las dinámicas infraestructurales de los espacios turísticos sobredesarrollados, abordándose mediante la elaboración y construcción de un sistema gráfico abstracto de representación conceptual que pretende entender y transmitir la complejidad de la zona objeto de estudio, proponiendo alternativas sostenibles para la movilidad.

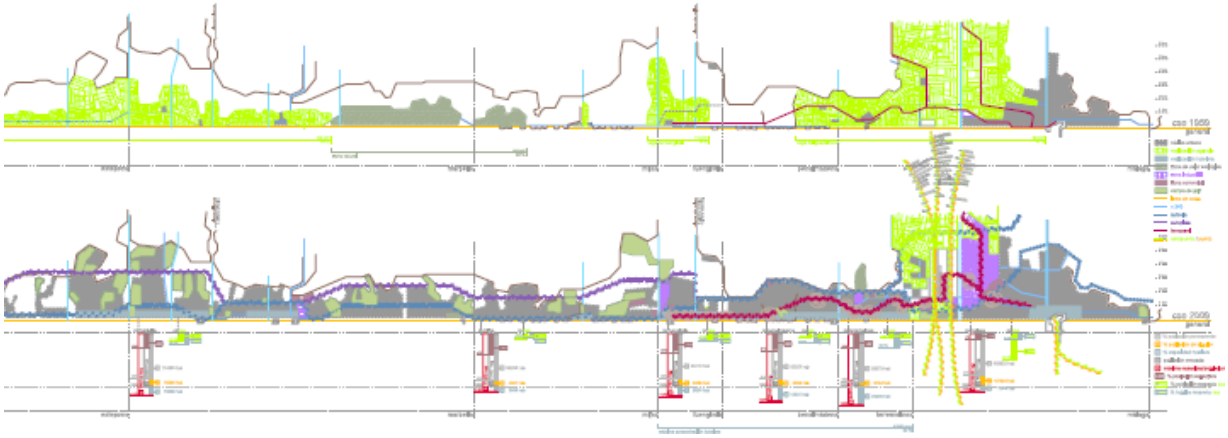


Fig. 1 – Comparativa de ocupación y nivel de desarrollo. Costa del Sol Occidental, 1959 – 2009.

2. Desarrollo del problema.

2.1. Evolución de la ocupación y pautas de crecimiento.

El desarrollo urbano derivado del aprovechamiento de este territorio ha conformado a lo largo de 50 años una Costa del Sol Occidental reconocible como entidad, constituida por fragmentos de características dispares correspondientes a décadas de investigación urbana, convirtiéndose de esta manera en un laboratorio de la ciudad turismo que con el paso del tiempo ha ido relajando sus planteamientos y sus formas atendiendo a un proceso de optimización económico / especulativo de preocupantes consecuencias.

El estudio del proceso de colonización de este territorio (Fig. 2) denota el papel fundamental que han desempeñado las infraestructuras en su configuración, gestión y evolución, actuando desde el principio como auténticos catalizadores del desarrollo turístico y urbano, definiendo la movilidad interior y exterior, dotando al sistema de la versatilidad necesaria para permitir los cambios de polaridad oportunos para su reorganización y posterior crecimiento.

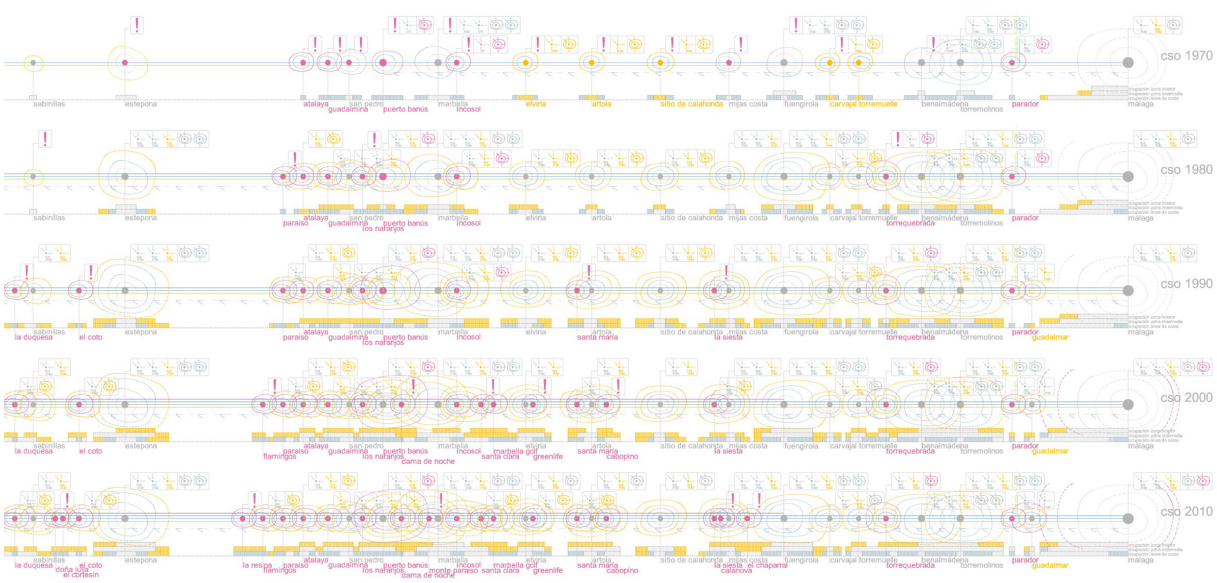


Fig. 2 – Evolución de la ocupación y pautas de crecimiento en la Costa del Sol Occidental.

2.2. Equipamiento turístico y elementos asociados.

La Costa del Sol Occidental se articula como un complejo sistema logístico de turismo en el que cada elemento constituyente representa un enfoque preciso a la hora de entender la gestión del territorio (playas, hoteles, apartamentos, campos de golf, centros comerciales, parques de atracciones, etc.) La espontaneidad que define a esta maquinaria turística, generada y posteriormente planificada, le ha permitido coexistir inteligentemente con la ciudad histórica, a la cual parasita. No obstante, su configuración, lejos de ser azarosa, denota un orden implícito en su organización que atiende a valores de mercado (jerarquización de la distancia a la línea de costa y a la infraestructura).

La evolución de los elementos asociados al desarrollo turístico (Fig. 3), catalizadores del desarrollo urbano posterior, permiten comprender los cambios producidos en la costa y datar su nivel de desarrollo dentro de cada uno de los contextos existentes.



Fig. 3 – Equipamiento turístico y elementos asociados. Costa del Sol Occidental.

2.3. Concectividad.

El conglomerado urbano / turístico en que se ha convertido la Costa del Sol Occidental está fundamentado en la conectividad, facultad que la define desde su origen y que le ha permitido desarrollar su característico modelo de explotación litoral.

La conectividad permite la interrelación del territorio, optimizando los tiempos de desplazamiento y reduciendo gastos. Los grandes beneficios económicos derivados del desarrollo turístico legitimaron la mejora de las infraestructuras existentes, que con el paso del tiempo y debido a la gran demanda de movilidad que conllevan los procesos de reconversión urbana a los que ha sido sometido el litoral, se verían saturadas y superadas por otras infraestructuras, nuevas y más potentes, que han incrementado la conectividad del conjunto de la costa, contribuyendo, no obstante, a aumentar su saturación.

El estudio de los medios de transporte disponibles, de sus principales nodos de intercambio (aeropuerto – agp, estación de ferrocarril – María Zambrano, y estación de autobuses) y la conexión efectiva entre ellos (Fig. 4), permite obtener una idea global del grado de interrelación que existe entre los distintos puntos del territorio y la relación de los mismos con destinos exteriores a la costa.

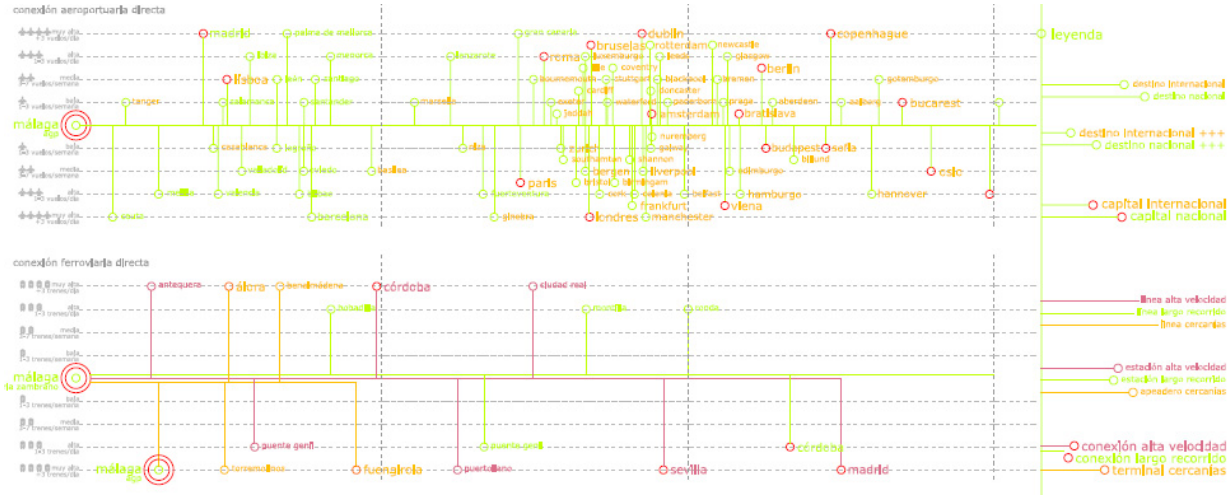


Fig. 4 – Conectividad en la Costa del Sol Occidental. [1]

2.4. La N – 340 como elemento regulador para la construcción de la nueva ciudad entre líneas.

La N – 340 se transforma en germen de crecimiento urbano. Su cercanía a la playa y el paso obligado en el recorrido de los turistas propició que las primeras construcciones dedicadas al turismo se registraran en los márgenes de ésta. Hoy en día se encuentra totalmente embebida por el crecimiento de una periferia continua que la ha convertido en su calle principal. Este hecho manifiesta la complejidad del modelo que se produce hacia sus márgenes y su transformación permite comprender lo arraigado de un modelo urbano que no se fundamenta en el centro sino en la conexión.

El estudio de las diferentes tipologías existentes, su ubicación en referencia al espacio urbano y los parámetros que rigen su funcionamiento (Fig. 5), permite obtener unos gradientes de actividad vinculados a ellas que ayudan a comprender la relación entre zonas.



Fig. 5 – Colonización de la N – 340. Costa del Sol Occidental. [1]

3. Conclusiones.

Pese a la necesidad de interconexión inherente a la estructura urbana y de uso existente, la Costa del Sol Occidental está establecida sobre una red de movilidad individual propicia al colapso. Los intentos por dotarla de redes alternativas de movilidad colectiva han sido exitosos, consiguiendo implantar sistemas de transporte público que, aunque cuentan con un elevado número de usuarios, no terminan por consolidarlo como transporte prioritario. Este predominio de la movilidad individual frente a la colectiva se traduce territorialmente en una deslocalización de los usos, lo que produce una dispersión de elementos residenciales (Fig. 6 dependientes de usos exteriores situados en lugares estratégicos de la red de movilidad para obtener la accesibilidad que necesitan.

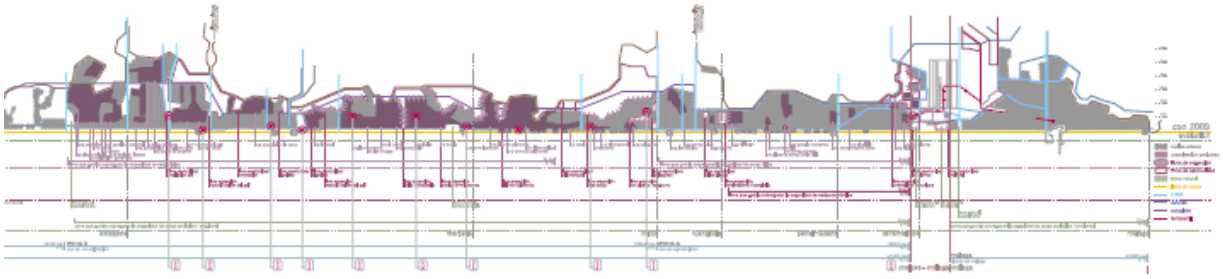


Fig. 6 – Procesos de reconversión urbana y crecimiento. Costa del Sol Occidental.

El modelo y sus problemas siguen creciendo y consolidándose con obras infraestructurales destinadas principalmente a descongestionar el tránsito entre núcleos y a preparar al territorio ante la llegada de nuevos turistas. La construcción de la hiperronda de Málaga o el proyecto de extensión del ferrocarril litoral hacia el oeste suponen la confirmación de estos desajustes a nivel metropolitano y a su vez se establecen como una oportunidad para redefinir la movilidad en el seno del conglomerado urbano de la Costa del Sol Occidental.

El proyecto de extensión del ferrocarril litoral hacia el oeste se puede concebir no sólo como una propuesta de mejora de la movilidad interior del sistema Costa del Sol Occidental, sino también como una oportunidad para intervenir en un territorio consolidado aplicando una estrategia global, llevando a cabo operaciones puntuales que tengan como objetivo la vinculación de una potente e incipiente infraestructura de transporte colectivo con una interesante oferta de equipamientos públicos capaz de suplir en parte los efectos de la polarización derivados del modelo vigente.

Esta nueva red de infraestructuras de relación (Fig. 7), haría más accesibles los usos mediante un medio de transporte colectivo y sostenible, ayudando a equipar la gran cantidad de espacio urbano desligado de centralidad existente en esta periferia longitudinal.

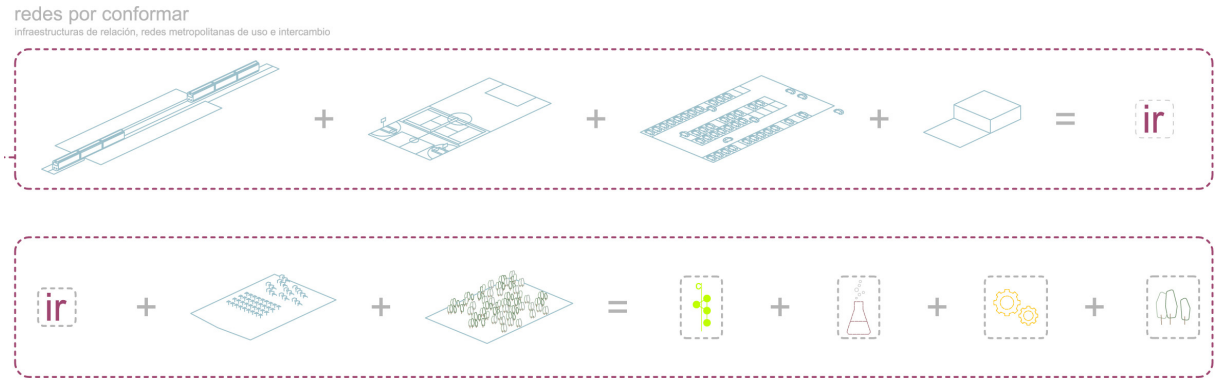


Fig. 7 – Propuesta de redes de infraestructuras de relación. Costa del Sol Occidental.

Referencias.

[1] Proyecto de investigación Ciudad, patrimonio y arquitectura contemporánea en Andalucía; "Costa del Sol, arquitectura, ciudad y territorio". Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. 2007 – 2008.

MORALES FOLGUERA, José Miguel. *La Arquitectura del Ocio en la Costa del Sol* (Málaga: Universidad de Málaga, 1982).

ESTEVE SECALL, Rafael. *Ocio, turismo y hoteles en la Costa del Sol* (Málaga: Diputación Provincial
de Málaga Servicio de Publicaciones, 1982).
RAMIREZ, Juan Antonio. *El estilo del relax N-340 Málaga* (Málaga: Colegio Oficial de Arquitectos, 1987).

GALACHO JIMÉNEZ, Federico Benjamín. *Proceso urbano y ordenación del territorio en el espacio metropolitano y la Costa del Sol malagueña* (Tesis Doctoral: Universidad de Málaga Servicio de Publicaciones, 1997).

AA.VV. *La Arquitectura del Sol = Sunland Architecture* (Barcelona, Colegios Oficiales de Arquitectos de Cataluña, Comunidad Valenciana, Islas Baleares, Murcia, Almería, Granada, Málaga y Canarias,
2002).

Costa del Sol: Atlas Visual (Madrid: Ediciones Nowtilus, 2003).

AA.VV. *020404 deriva en zomecs: un libro colectivo de estudiantes de las asignaturas Monográficos de proyectos y proyectos I, de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada* (Málaga: Rizoma, 2004).

AA.VV. *NERJA paisaje zomecs: un libro colectivo de estudiantes de la asignatura Monográficos de proyectos, de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Granada* (Málaga: Rizoma, 2005).

CLAVERO BARRANQUERO, Antonio. *I Informe Diagnóstico de la Costa del Sol Occidental* (Málaga: Asociación MADECA, 2005).

BONILLA, Juan. *La Costa del Sol en la hora pop* (Sevilla: Fundación José Manuel Lara, 2007)

Plan de Ordenación del Territorio Costa del Sol – Axarquia (Sevilla: Junta de Andalucía Secretaria General de Ordenación del Territorio y Urbanismo, 2006).

Plan de Ordenación del Territorio de la Costa del Sol (Sevilla: Junta de Andalucía Secretaria General de Ordenación del Territorio y Urbanismo, 2004) soporte digital.

Droit du Transport Maritime des Marchandises Vers l'Unification en Méditerranée.

Mohamed AOURAGHE

Département Transport & Logistique, EGICO_sup , Adresse : 21, rue Nador- Quartier Boubana Altamira,California- Tanger. Maroc. Email : aouraghe@gmail.com

Abstract. A multiplicity of legal systems for contractual liability in the field of maritime and multimodal transport is, in our opinion, a hindrance to trade development in the Mediterranean. The current business trend is aimed at supporting transport through various means and through flexibility.

This study seeks to continually develop and promote a shortcut to a new system of liability through the signing of an agreement in the Mediterranean (Algeciras) with a view to unifying the law for transporting merchandise to and from the Mediterranean region.

Keywords: Transport multimodal –Convention de Bruxelles - Règles de Hambourg – Conteneurisation.

1. Introduction.

Existent-ils d'importants facteurs qui contribuent à la prospérité de l'humanité à savoir une terre productrice, un peuple laborieux et la disponibilité des possibilités de transporter facilement des gens et marchandises d'un point à un autre.[1]

La Méditerranée est un couloir de transit majeur pour le transport maritime : 30% du commerce maritime y transite, dont 20% du trafic pétrolier maritime mondial. La place occupée par le transport maritime dans la vie des pays contemporains dépasse largement celle des autres moyens de transport en volume et en quantité, puisqu'il assure la mobilité d'environ 80 % des échanges commerciaux du monde entier.[2] Pour le Maroc plus de 95% de ses échanges extérieurs sont assurés par voie maritime.

L'importance que représente le risque de la multiplicité et de l'ignorance du régime juridique qui gouvernera l'opération commerciale invite les parties au commerce maritime- en méditerranée plus spécialement- à œuvrer dans le sens de l'unification. En effet, en matière de contrat de transport de marchandises par mer, les obligations pesant sur chacun des cocontractants sont l'épine dorsale du régime juridique du transport. Alors y-a-t-il d'autres moyens afin d'unifier et d'intégrer l'action en méditerranée ?

2. Developing the problem.

2.1 Le contexte de la problématique :

2. 1. 1 Evaluation des systèmes existants de responsabilité en matière de transport de marchandises

Il y a un temps, les transporteurs maritimes n'encouraient aucune responsabilité pour pertes, avaries ou même le retard dans le déplacement des marchandises. En effet, tous les connaissements contenaient de larges clauses de non responsabilité que la jurisprudence prenait, à des degrés divers, en considération. A l'origine, ces clauses visaient la ou les fautes du capitaine (negligence clauses) ; ultérieurement, elles ont été étendues aux fautes et agissements des préposés terrestres. Enfin, ont été apparues les clauses de non garantie du poids, de la quantité ou encore de la qualité des marchandises embarquées. Compte tenu de ces stipulations, les transporteurs maritimes étaient dans une position de force et tentaient d'en abuser. A la fin du 19ème siècle, la situation était devenue non seulement intolérable pour les chargeurs, mais également compliquée sur le plan juridique eu égard à la diversité des droits régissant les clauses de non responsabilité.Qu'en était-il Des réactions législatives universelles?

2. 1. 2 La convention de Bruxelles de 1924 et l'apparition du système de tirage spécial

2. 1. 2.1. La convention de Bruxelles de 1924:

La Convention de Bruxelles du 25 août 1924 connue sous le nom de « Règles de La Haye »[3] pour les transports de marchandises par voie maritime sous connaissement a été rédigée dans les buts suivants :
- faire du connaissement un document sûr et notamment un reçu de la marchandise par le transporteur.
- Renforcer la responsabilité du transporteur qui avait trop tendance à minimiser sa responsabilité voire à s'exonérer à l'avance au moyen d'une "negligence clause".

Aux exonérations conventionnelles généralisées qui précédaient les Règles de La Haye, on a substitué des exonérations légales dans certains cas particuliers qu'on appelle les « cas exceptés » et qui décrivent les seuls événements (au nombre de 17) qui sont susceptibles de libérer le transporteur.

Par contre le Maroc avait opté pour l'insertion et l'intégration d'extraits importants du texte « Harter Act » Américain, qui est lui-même une source de ladite convention de Bruxelles, dan sa législation maritime interne qui est en l'occurrence le code de 31 mars 1919 en vigueur.

En 1968, un protocole est venu modifier la Convention . Ce dernier texte concerne essentiellement le domaine d'application de la réglementation internationale et la limitation de responsabilité : c'est « le Protocole portant modification de la Convention internationale pour l'unification de certaines règles en matière de connaissement » appelé les Règles de la Hay -Visby ou, pour les Britanniques, les « Règles de Visby ».

2. 1. 2. 2 L'apparition du système de tirage spécial-[4]

Enfin, en 1979 : désormais, le Droit de Tirage Spécial (DTS) remplace les monnaies-or dont la conversion n'était plus possible depuis la suppression du rattachement des monnaies, des pays membres du Fonds monétaire international, à l'or.

2. 1. 3 Règles de Hambourg des Nations Unies de 1978

Ce texte a vocation à remplacer les Convention de Bruxelles ou en tout cas à cohabiter avec elles. Ceci ne veut pas dire qu'elle soit dépourvue de toute application. Au Maroc les Règles de Hambourg sont entrées en vigueur en 1992.[5]

De plus, contrairement aux Règles de La Haye-Visby , les Règles de Hambourg prévoient que la responsabilité du transporteur couvre toute la période pendant laquelle les marchandises sont sous sa garde, et ce, tant au port de chargement que durant le transport ainsi qu'au port de déchargement. Pouvait-il en être autrement puisque le régime de responsabilité du transporteur constitue le « cœur » de toute loi relative au transport de marchandises?

Dans ces conditions, les transports internationaux de marchandises par mer sont régis au moins par quatre conventions : la Convention de Bruxelles de 1924, la Convention de Bruxelles modifiée en 1968, la Convention de Bruxelles modifiée en 1968 et en 1979, les Règles de Hambourg. On imagine aisément les difficultés que cette « désunification » du droit engendre.

2.2. Le contentieux du contrat de transport maritime.

Le problème ne se pose pas lorsqu'il y aura un commun accord ou approbation des documents par les parties au contrat .Mais en cas de divergence d'opinions sur les documents requis, quelles sont-les dispositions appropriées ?

2.2.1. Dispositions documentaires :

Dans la pratique, l'action est souvent exercée par l'assureur-facultés qui a indemnisé l'ayant droit à la marchandise et dans les droits duquel il est subrogé. Mais cette subrogation suppose que l'assuré indemnisé jouisse lui-même du droit d'agir contre le transporteur.

Le droit d'action contre le transporteur maritime appartient aux personnes suivantes :

-au dernier endossataire à l'exclusion des endossataires intermédiaires : si le connaissement est à ordre;
- au porteur légitime: si le connaissement est au porteur;

- au destinataire mentionné comme tel : si le connaissement est à personne dénommée.

En outre, la jurisprudence -en France- a étendu le droit d'action au chargeur apparent ou au chargeur réel, lorsqu'il fait la preuve de cette qualité et qu'il est seul à supporter le préjudice, ainsi qu'au destinataire réel, sous les mêmes conditions que ci-dessus.[6]

Tous les régimes internationaux contiennent des dispositions détaillées sur l'émission de connaissements, l'information qui doit y figurer, leur valeur probante, le traitement des renseignements faux ou invérifiables, la protection des tierces parties détenant un connaissement négociable, etc.

Les Règles de Hambourg et le Code nordique prévoient que le défaut d'une ou plusieurs des indications devant figurer sur le connaissement en vertu des règles n'affecte pas nécessairement la

nature juridique du document à titre de connaissement. Les Règles de La Haye et les Règles de La Haye-Visby ne contiennent pas de telles dispositions.

Les Règles de Hambourg et le Code nordique prévoient qu'en l'absence sur le connaissement de la mention de l'état apparent des marchandises, celles-ci sont réputées avoir été en bon état apparent. Les Règles de La Haye et les Règles de La Haye-Visby ne contiennent pas de telles dispositions.

2.2.2. Réclamations, différends et procédure.

Les conventions internationales relatives aux transports sont muettes sur la notion de la remise c.à.d la livraison. A défaut de définition expresse, la jurisprudence dans son ensemble admet que la livraison ne constitue pas un acte unilatéral du transporteur mais un accord de volonté entre le transporteur et le destinataire par lequel ce dernier manifeste son intention d'accepter la marchandise et en prend matériellement possession.

Ces formalités prévues par les conventions sont obligatoires et leur absence entraîne au profit du transporteur une présomption de livraison conforme aux indications portées sur le document de transport. Pour le Transport maritime, selon la Convention de Bruxelles, le destinataire qui constate à la livraison des pertes ou des avaries apparentes, doit en aviser immédiatement le transporteur (art.3-6 al.1).

Les Règles de Hambourg étendent ce délai au premier jour ouvrable suivant le jour ou les marchandises ont été remises au destinataire (art. 19-1).

Pour la constatation des retards dans le domaine du Transport maritime le régime de la Convention de Bruxelles de 1924 ignorant totalement le retard et par conséquent en l'absence de disposition, il y a lieu lorsque le transport maritime est, par exemple, à destination de la France et que la loi française est applicable de se reporter au droit commun français. Celui-ci impose à l'ayant droit de mettre le transporteur en demeure de livrer dès l'expiration du délai de livraison convenu ou, à défaut, du délai normal d'acheminement. Il est clair ici que le point clé est de savoir : quel est le délai d'avis approprié pour l'avis de perte ou de dommage?
Pour les pertes économiques attribuables au retard (qui ne sont pas reconnues par les Règles de La Haye-Visby), les Règles de Hambourg et le Code **nordique** imposent un délai de 60 jours.[7]

Il reste à savoir s'il ya une différence entre les Règles de Hambourg et la convention de Bruxelles (Les Règles de la Hay et la Hay-Visby) en vu de régler les contentieux éventuels ?

2.2.3. 4. La conteneurisation symbole de la mondialisation et le transport multimodal.

Au cours des dernières décennies, la mondialisation et les innovations technologiques ont modifié la manière d'appréhender la production, le commerce et les transports, dans les pays développés comme dans les pays en développement. La conteneurisation en tant que mode innovant dans le transport international à savoir son apport aux échanges internationaux et sa place dans le transport international.

Le développement du conteneur et le développement du multimodalisme auquel il a contribué a de toute évidence permis aussi un abaissement des coûts de transport, grâce à la réduction et à la simplification des manutentions, mais aussi grâce aux économies d'échelle qu'il a permis de réaliser.

-Tableau fixant une comparaison entre les deux systèmes pour le règlement des contentieux :

Mode de transport	**Maritime**	
Textes de base	**Convention de Bruxelles**	**Règles de Hambourg**
Prise en charge	A la signature du connaissement	A la signature du document de transport (connaissement ou autre)
Responsabilité Perte et Avaries	Présomption, sauf en cas de faute du chargement ou de réserves du transporteur	Présomption de responsabilité sauf en cas de réserves. De plus, présomption de fautes ou de négligences
Causes d'Exonération	Navire : Innavigabilité, vice caché, force majeure, faute nautique. Marchandise : vice propre, défaut d'emballage. Faute du chargeur	Preuve que le dommage n'a pas pu être évité, sauf : incendie à bord, sauvetage en mer, transport d'animaux vivants
Limitation de l'indemnité	667 DTS par colis ou 2 DTS par kg (Limite la plus élevée applicable)	835 DTS par colis ou 2,5 DTS par kg (Limite la plus élevée applicable)
Limité levée par	Déclaration de valeur ; dol ou faute lourde du transporteur	Déclaration de valeur ; dol ou faute lourde du transporteur
Responsabilité pour retard	Le retard n'existe que si un délai a été convenu sur le connaissement (ce qui est très rare)	En cas de dépassement du délai convenu ou d'un délai " raisonnable" compte tenu des circonstances

3. Conclusion

Nous recommandons d'instaurer un projet d'une nouvelle convention dite: « Convention d'Algésiras sur les transports maritimes de marchandises ». qui va remplacer les deux conventions de Bruxelles et celle des Règles de Hambourg. Pour le bassin méditerranéen en vue de la mise en place d'un système de responsabilité facile à appliquer (22 pays). Ceci entre aussi bien dans le cadre d'un transport intégré, efficace et sûr dans la région méditerranéenne. Que le Projet EuroMed Transport qui vise à soutenir la mise en œuvre du Plan d'action régional de transport (PART) 2007-2013. L'amélioration des transports est en effet reconnue comme un facteur essentiel du développement et de la stabilité ainsi que de la multiplication des échanges commerciaux intra-régionaux. Sans oublier Le projet EuroMed « Autoroutes de la Mer ».

-Implication des professionnels du monde maritime et des transports en général.

-La création d'un établissement (institut-faculté- Ecole supérieure etc…) pour des cycles de formations supérieures en affaires maritimes.

- Création d'un centre d'Arbitrage et de médiation pour le règlement des différents.

Reconnaissances: Muchas gracias, «Après aimer et aider, remercier est assurément le troisième plus beau verbe dans toutes les langues.» pour l'aide fournie par les parties organisateurs sans oublier notre pays voisin qui est l'Espagne la terre d'accueil qui se classe le 2ème comme destination touristique préférée au monde après la France.

Références

[1] Comparer :Jan Tuna : Encyclopédie illustrée des transports, 2ème édition, année 1980 -Traduction de Jean et Renée Karel 1978 GRUND, Paris. p : 9 et s.

[2] Voir: Mohamed Aouraghe: Le mécanisme des guaranties en assurance maritime et transport, en droit Marocain et comparé. Edition Alamnia, Rabat,1ère édition 2007,publications Dar Alamane,p.9 et s.

[3] Voir le Dahir n° 1-84-21 du 11 rebia I 1407 (14 novembre 1986) portant publication de la convention des Nations unies pour le transport de marchandises par mer ou Règles de Hambourg, faite à Hambourg le 31 mars 1978 (B.O. n° 3953 du 19 hija 1408 (3 août 1988)).

[4] Voir les cassations Françaises notamment: (Cass.com.7 juillet 1992, Bull.transp. 1992.638).& (Cass.ass.plénière 22 décembre 1989, Droit Maritime Français 1990-29).

[5] Voir la jurisprudence de la Cour d'appel Amiens (France) 23 novembre 1990, Bull.Transp. 1991.292 pour un transport sous CMR ; Trib.com. Bruxelles (Belgique) 13 mars 1969, Bull.Transp.Internationaux ferrov.1972.132 pour un transport ferroviaire cité par : F. LETACQ – Droit des transports, p.2 et s.

[6] Voir, Marc GIGNOUX : Les implications juridiques du transport multimodal. Mémoire de: Master Professionnel « Droit Maritime et Des Transports». Université de droit d'économie et des sciences D'AIX MARSEILLE/Faculté de droit et des sciences politiques D'Aix-Marseille .Septembre 2005.p, 88 et s.

[7] Voir : Rapport du Roger Clarke : op.cit. p.62 et 63.

El transporte maritimo de corta distancia; una alternativa sotenible.

De la Osa, Patricio; Segovia, María Concepción

Universidad de Cádiz, Departamento Economía General, Duque de Nájera, 2- 11002 Cádiz, España, patricio.delaosa@uca.es, concepción.segovia@uca.es .

Abstract. During last few decades there has been a shift in transport planning objectives from economic efficiency towards strategic policy gains. The European transport policy aims to achieve a sustainable communication system. A reduction in pollutant emissions, accident rate and traffic congestion is central to reaching this goal.
In many countries a shift from congested highways to the maritime option has been observed, mainly for its positive environmental effects. The transfer from traditional unimodal to multimodal transport chains involving the sea and road modes is desirable. The main benefit of Short Sea Shipping lies in the possibility of combining the inherent advantages provided by the involved modes, thus reducing costs (even external costs) and increasing freight transport capacity over long distances.
In this communication we will analyzed the incidence of the external cost in the logistic chain to improve the sustainable development of the European Transport.

Keywords: sustainable transport, efficient logistic chain, multimodal.

1. Introducción.

Nuestro actual estado económico se enmarca en un crecimiento económico mundial sostenido en niveles del 4% anual, durante los últimos 20 años, hecho que ha provocado el crecimiento exponencial de la demanda de transportes. El efecto inmediato de la Globalización ha recaído sobre la exigencia de transportes fiables, económicos, flexibles y seguros. La inexorable evolución empresarial hacia el almacenaje inexistente, han conseguido que las cadenas de abastecimiento o logísticas adquieran preponderancia, adquiriendo el carácter de estratégicas para el funcionamiento de la economía.

La logística se basa en el uso de la ínter modalidad de transporte, aéreo, marítimo y terrestre así como el aprovechamiento eficiente de todas las ventajas de cada uno de esos modos. Es por ello que para el desarrollo de la logística sea necesaria una aproximación alas infraestructuras usadas, sus problemas y las alternativas propuestas

Adam Smith, en la riqueza de las naciones, establecía que “los deberes del estado son la defensa, la justicia y establecer y mantener aquellas instituciones y obras públicas que siendo enormemente ventajosas para la sociedad son, no obstante, de una naturaleza tal, que sus rendimientos jamás podrían recompensar la inversión efectuada por un individuo o un pequeño numero de ellos y que por tanto no puede esperarse que las funden o mantengan” La justificación clásica a la necesidad de la

intervención pública esta en los fallos del mercado. En determinadas circunstancias el mercado no es eficiente en el sentido de Pareto.

El Tratado de la Unión Europea, aprobado en 1962, introduce un titulo XII referente a las redes transeuropeas con unos objetivos generales definidos como "para garantizar la libre circulación de mercancías, personas, servicios y capitales . . . la Comunidad contribuirá al establecimiento de las infraestructuras de transportes, de las telecomunicaciones y de la energía".

Estas intenciones se concretan en la Decisión 11692/96/CE del Parlamento europeo, estableciendo las líneas de acción sobre la red transeuropea de transporte. Resalto entre otras: La creación y el desarrollo de enlaces e interconexiones que permitan eliminar los puntos de estrangulamiento. La combinación y la integración óptima de los distintos modos de transporte. La integración de la dimensión medioambiental en la realización y el desarrollo de la red. La optimización de las capacidades y de la eficacia de las infraestructuras existentes. Para la consecución de dichas iniciativas se establecieron una serie de ayudas y observatorios de estudio,

De estos últimos, el resultado fue la aprobación de la Decisión de Comisión Europa en Septiembre de 2001 conocida como el Libro Blanco, la política europea de transportes de cara al 2010. [1]

Subrayo la justificación extraída de texto. La red transeuropea de transportes (TEN T) sufre cada vez más el problema de la congestión. Aunque esta se concentra en las áreas urbanas, se calcula que sobre 7.500 Km. de carreteras (10% de la red) sufren congestión de manera continuada y que 16.000 Km. de trazado ferroviario son cuellos de botella. El coste externo derivado del transporte por carretera representa aproximadamente el 0,5% del PIB de toda la UE. Las previsiones más generosas en lo que concierne al crecimiento del tráfico por carretera de cara al horizonte del 2010 establecen un aumento significativo de la congestión en la red viaria europea y un aumento de los costes derivados de dicha congestión de hasta un 142% alcanzando el 1% de PIB de la UE.

En este Libro Blanco, el Parlamento aprobó la inclusión de los puertos marítimos y fluviales en la red transeuropea y como consecuencia un apoyo financiero y legislativo al desarrollo de las autopistas del mar, concretado en multitud de programas de estudio y financiación.

Finalmente, en febrero de 2009, la Comisión Europea publica su decisión El Libro Verde, TEN-T, una revisión de las políticas; hacia una red de transporte transeuropea sostenible e integrada en la política común. [2]

Aquí, el acento se coloca en la sostenibilidad, mediante una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero («descarbonización») destinada a minimizar el impacto del cambio climático y la contaminación, así como en la multimodalidad, incluidas las conexiones ínter modales y las instalaciones para el transporte ínter modal y/combinado, la ínter conectividad, la optimización de la red, la interoperabilidad y la mejora de la eficiencia en todos los modos de transporte.

En el caso español, Desde 1986 el incremento de volumen de trafico en España ha pasado de 2.8% a 8.4% de forma anual. Esta afirmación implica un movimiento de 70 millones de toneladas entre Europa y España en ambas direcciones, lo que si consideramos en la actualidad una estimación media de 3.500 camiones cruzando los pasos fronterizos, en el año 2020 supondrá 30.000 camiones y cerca de 250 millones de toneladas.

Todo ello nos plantea varias cuestiones a las que trataremos de responder en esta comunicación.

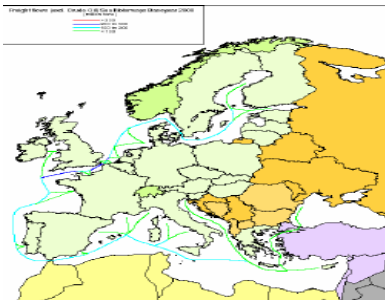


Fig. 1 Autopistas del Mar

2. Desarrollo del problema.

Las Autopistas del Mar como concepto, nacen en el Libro Blanco de la Comisión Europea de 2001, con el objetivo de reducir los cuellos de botella del transporte terrestre (Los Alpes, Pirineos, Benelux), y los futuros (frontera Alemania/ Polonia / Checoslovaquia). Se enmarcan en las redes transeuropeas de transporte TEN-T, dentro de lo que se conoce como Short Sea Shipment, o Transporte Marítimo a Corta Distancia. [1]

Una Autopista del Mar es un corredor para el transporte internacional e intracomunitario de mercancías entre por lo menos dos áreas marítimas costeras de Europa, que sortea un cuello de botella geográfico, utiliza el transporte marítimo de corta distancia como el medio principal y aporta una plataforma de cooperación entre las diferentes partes a diferentes niveles.

Los criterios para considerar una ruta como autopista del mar pueden concretarse en:

Sistemas de información y gestión del tráfico; Mejora de la compatibilidad de la cadena de transportes; Servicios portuarios eficientes; Procedimientos aduaneros simplificados; Mejoras tecnológicas en los buques; Mejoras en las conexiones terrestres entre los puertos y su hinterland.

Las ventajas intrínsecas que este modo de transporte tiene son:

A) Menor saturación de las infraestructuras y menor coste. El coste de la congestión se estima aproximado a 1 % del PIB de la UE.

B) Menor consumo energético y menor emisión de gases contaminantes. La eficacia del transporte marítimo medido en consumo de combustible por Tn. y Km, es la más alta entre todos los modos de transporte. El consumo del transporte por carretera se estima en 1 Mj/ Tn.xKm. mientras que el marítimo es de 0,3 Mj/ Tn.xKm.

C) Mayor seguridad. Según el Consejo Europeo de Seguridad en el transporte un 96 % de las victimas de accidentes de transporte, se producen en el transporte por carretera. La tasa en el transporte marítimo es de 1,4 por cada 100 millones de pasajeros.

D) Mayor posibilidad de internalizar los costes externos. Es decir, que el usuario del medio de transporte sea el que soporte los efectos indeseados que estos producen. (saturación, contaminación, accidentes). La Comisión Europea en 2002, cuantificó los costes externos producidos por cada modo de transporte. 24 €/ Tn. Km. en el caso del transporte por carretera frente a 4 € / Tn. Km. del transporte marítimo. [3]

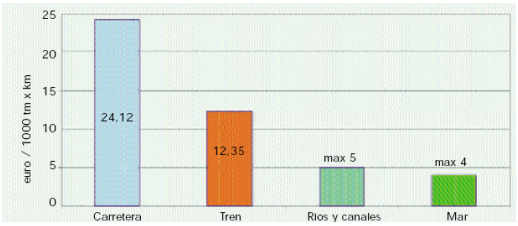


Fig. 2 Costes externos del transporte

Pero también existen desventajas en el uso de este medio:

a) Los costes de la infraestructura marítima, son asumidos mayoritariamente por los usuarios del modo marítimo, a través de tasas portuarias y precios por los diferentes servicios, mientras que el transporte terrestre usa casi gratuitamente de las infraestructuras puestas a su disposición. Las últimas tendencias son el pago de una tasa por circulación, Euro ticket, ya implantado en varios países miembros de la Unión Europea.

b) Costes de los servicios portuarios, adicionales al uso de la infraestructura y soportados por buques y mercancía, son en algunos casos una traba al desarrollo y operatividad de las Autopistas del Mar, debido a una falta de libertad en el acceso a los mercados de prestación del servicio. Servicios técnico- marítimos como practicaje o remolque, o servicios a la carga, como estiba, a pesar de los esfuerzos legislativos realizados al respecto, continúan estando limitados y suponen un desafío al funcionamiento eficiente del sistema.

c) Costes de acarreo terrestre. El concepto de logística, de ínter modalidad, se basa en el uso eficiente de varios modos de transporte y sus conexiones. El modo principal es el terrestre que suele ser el que recoge la carga en el origen, normalmente punto geográfico interior y sin instalaciones especiales para otro modo de transporte, completando el viaje en el destino final con el mismo tipo de limitación de instalaciones. Estos trozos de recorrido son los denominados acarreos, Debido a la política de transportes realizada por la Unión en los últimos 20 años, el sector del transporte terrestre se encuentra atomizado, con una oferta sobredimensionada y con grandes cargas normativas. Tiempos de conducción, antigüedad y seguridad de los vehículos, autorizaciones administrativas sobre los conductores y recorridos, etc. Todo ello no es obstáculo para que, debido al exceso de oferta existente y a la escasa capacidad de las empresas de transporte, el intercambio de modos de transporte supone una amenaza para el transporte terrestre antes que una colaboración eficiente. Se han realizado diversos estudios comparativos (Universidad Napier en Edimburgo, Universidad de Barcelona) sobre el coste / tiempo de estos acarreos concluyendo que la Inter-modadilad terrestre / marítimo es competitivo en un trayecto superior a 500 Km. e inferior a 1.500 Km. El paso al control del transporte puerta a puerta por la cadena logística que se viene realizando en el último quinquenio, ha supuesto una presión adicional sobre el modo terrestre, así como una exigencia hacia el modo marítimo sobre calidad de servicios, horarios y costes totales.

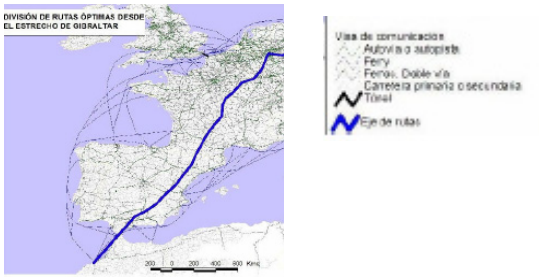


Fig. 3 Rutas de transporte

2.1 El caso del Estrecho de Gibraltar.

El tráfico mayoritario del puerto de Algeciras es del tipo Hub, es decir redistribución de contenedores hacia otros puertos. Esta actividad está en continua competitividad con otros puertos del Mediterráneo y, recientemente, con el norte de Marruecos. Las posibilidades de insertarse en un esquema de Autopistas del Mar, se define por el tiempo que le separa de otros puertos, en términos de jornadas laborales para el transportista. De este modo resulta crucial establecer las isocronas para detectar los puntos estratégicos de descanso y trasbordo de unidades. El primer tramo de cuatro horas de conducción (primer descanso) se situaría en los límites de Andalucía oriental para las dos alternativas posibles: centro peninsular y autopista del Mediterráneo. En ambos casos la decisión de ruta se tomaría en la Provincia de Málaga. El siguiente punto de descanso, con un mínimo de 8 horas de motor parado sería en Valencia, donde el conductor podría embarcar en un ferry hacia Marsella con un máximo de 20 horas presénciales por semana. Las horas de descanso pueden permutarse a conveniencia según los trayectos empleados, siendo también necesarios los descansos de 11 horas tras dos jornadas seguidas, habiendo un máximo de 56 horas semanales. [4]

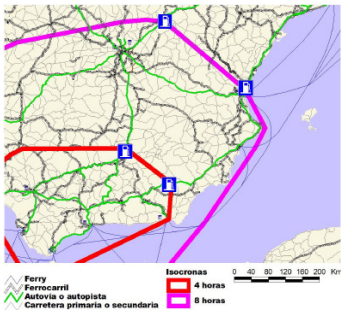


Fig. 4 Isocronas.

3. Conclusiones.

Las autopistas del mar no sólo se muestran como una alternativa para resolver problemas medioambientales y de saturación del viario en el Arco Mediterráneo sino que se muestran como un factor más de competitividad frente a otros corredores. En ambas alternativas desde el Estrecho de Gibraltar hacia Europa, centro y Autovía del Mediterráneo, se presenta como paso estratégico la Provincia de Málaga, con un valor significativo a la hora de consolidar el extremo del Arco Mediterráneo como bloque supraregional. Destaca el papel estratégico del Estrecho dentro de la logística multimodal debido a alternativas que ofrece en las comunicaciones con los puertos de la Europa Mediterránea, los cuales se muestran como el mejor acceso para el mercado de la Europa más continental, incluyendo los puertos del Báltico, con todo su hinterland desde Alemania hacia los países del este.

Un reforzamiento de los servicios intermodales en el levante español se complementa con el tráfico del estrecho en las líneas que unen el Estrecho de Gibraltar con el centro de la Europa de los 25. Teniendo en cuenta el peso que tienen proyectados los corredores de mercancías previstos hacia los países del este, habría que plantearse el resultado que tendría el incrementar la velocidad de los buques que operan en el Arco Mediterráneo.

Un incremento de 5 nudos (la velocidad podría incrementarse en 15) sería una alternativa diferenciadora frente a los enlaces terrestres, descongestionando además los corredores internos.

La implantación en los puertos del Estrecho de las simplificaciones administrativas recogidas en las diferentes normas comunitarias, (Unificación de declaraciones ISPS, Euroventanillas, terminales

dedicadas y seguras con accesos independientes y soluciones de carga – descarga simplificados, procedimientos aduaneros simplificados) supondrán el desarrollo real de las Autopistas del Mar como alternativas competitivas, alcanzando los objetivos previstos de cadenas logísticas ínter modales y eficientes.

Referencias.

[1] Libro Blanco: "La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad". COM (2001) 370 final, de 12 de septiembre de 2001

[2] Libro Verde: "RET-T. Revisión de la política. Hacia una red transeuropea de transporte mejor integradaza al servicio de la política común de transportes." COM (2009) 44 final. Bruselas 4.2.2009

[3] Carlier. M, " Prioridad de las instituciones de la Unión Europea". MARINA CIVIL, 20014, pp 31-49

[4] Aguayo González. F. "Estrecho de Gibraltar y Autopistas del Mar en la Competitividad del Corredor Mediterráneo" V CONGRESO INTERNACIONAL DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO 2007.

Approaches solving petrol stations supply networks

Khalid El Yassini[1], Rabie Zine[1], Mustapha Raïssouli[1] and Kenza Oufaska[2]
[1]Department of Maths and Computer Science, Moulay Ismaïl University, Meknes, Morocco
Khalid.ElYassini@gmail.com, Rabie.Zine@gmail.com and Raissouli_10@hotmail.com
[2]Institut Canadien en Gestion, Informatique et Commerce, Tetouan, Morocco
ekenza.icgic@gmail.com

Abstract. The distribution of petroleum products has a major economic impact. In Morocco, there are hundreds of service stations in the network distribution of gasoline and fuel. This study examines the logistics of supply service stations. A description of the different characteristics and constraints of the problem is provided. An overview of the relevant literature is raised. Finally, there is the presentation of approaches to solve this problem which represents a strategic element of industrial infrastructure.

Keywords: Networks, gas distribution, transportation logistics, Problems tour, Optimization.

1. Introduction.

The oil industry is considered as a major pillar of global economy. It is the biggest trade of the planet in value (and volume). It significantly changes the flows of currencies. There is a tremendous, continued and increasing need for petroleum products in almost all areas in need of energy, especially in transportation where the dependence is clear. Only rail transport is largely electrified. The alternatives are marginal and costly for other modes of transport, and more growth potential is limited. Essential to daily life in most developed countries, oil has a significant social impact. Hence, the concern to develop new optimization methods to improve the efficiency of supply chains and to organize, at least cost, routing the petroleum from refining centers to points of sale. Modes of transport vary by region: marine, rail and road. In the last mode of transport, the service stations are supplied from intermediate storage or directly from refineries. This explains researchers interest to use optimization mathematical models corresponding to the vehicle routing problem, where much attention is given to the development of techniques for defining tours because of the major savings potential. In this work, we study a particular class of routing problems where the decisions for defining the tour, must be coordinated with inventory management. This corresponds to the general problem of touring with inventory management. Several special cases may arise. This work addresses the problem of supply of gas stations since distribution and marketing of petroleum products play a so important role in different activities of the global economy. The main goal consists to determine an optimal number of products (mainly gasoline and diesel fuelled) to deliver to customers (gas stations) from deposits on a planning horizon chosen for each day of the planning horizon:

1. Stations to be supplied.
2. Quantity of each product to be delivered.
3. Number of additional trucks.
4. The truck used to supply each of the stations
5. Appropriation of proceeds to the compartments of each truck,
6. Routes that trucks should follow to minimize the total cost of tours, overtime and leasing extra trucks.

All this must be achieved by ensuring that no station is in need of products and by respecting the limits of regular and overtime hours allowed. One makes the following assumptions:

(i) Each station has a number of tanks equal to the products number on sale. The reservoir capacity varies from one station to another to reflect the demand fluctuation.

(ii) The rate of consumption (demand) of a given product at a particular station is constant and deterministic. This assumption is not excessive since the contemporary technology in telecommunications can identify changes in consumption several times a day.

(iii) The fleet of tankers is located at the central depot and it consists of a set of identical trucks. Each truck has a number of tanks (compartments) equal to the number of products and equal to the number of tanks at each station.

(iv) At the central repository, the load time for trucks is constant and it does not depend on the amount to put in the tanks.

(v) All compartments of trucks can be used to carry one of products. The transition from one product to another requires no special preparation (eg cleaning). In fact, it only deals with the transport of petrol, because in the present circumstances, trucks carrying gasoline are not carrying any other products, like diesel fuel.

2. Literature Review

The literature covers many problems of distribution of goods that can be classified by various characteristics such as number of products to deliver, planning horizon, number of compartments of vehicles or number of visits per trip. The routing problem and inventory [4] and [5] is to distribute a single product from a central deposit to multiple clients in a planning horizon of several periods. Each customer consumes the product at a given rate, more or less constant, and has the ability to locally store the product in a single tank. Distribution is done through a fleet of identical vehicles with non-compartmentalized tanks. The problem is to determine, for each period of the planning horizon, customers to visit, the quantity to be delivered and route to be followed for each truck to minimize distribution costs. The literature dealing with distribution problem of petroleum products is relatively limited.

3. Mathematical Formulation

We present the case where the procurement policy allows vehicles to visit more than one station per trip. In order not to complicate the formulation, we do not include the possibility of renting extra trucks. But it would be easy to change the wording to reflect this. Furthermore, we assume that each station is visited at most once per period and is visited by exactly one truck. In the rest of the work, we use the following notation.

n: Number of stations to visit and m: Number of trucks used to supply,

r: Number of products to be transported (also number of tanks at each station or number of compartments in each truck),

T: Number of periods comprising the planning horizon,

V: Maximum number of trips by truck and by period,

i: Index stations, i = 0, 1... n, (0 represents the depot),

p: Index products, p = 1... r and k: Index trucks, k = 1... m,

w: Index compartments, w = 1... r

t: Index periods, t = 1... T and v: Travel index, v = 1... V,

S: Subset of stations with an elements number between 2 and r inclusive,

s: Number of stations included in S; so $s = |S|$,

Θ: Set of all subsets of S and τ: Loading time at the central repository,

u_i: Unloading time at the station i,

L: Number of regular hours per period, for each truck,
H: Maximum authorized overtime per period for each truck,
C_r: Cost of a regular time and C_s: Cost of an additional hour,
C_d: Cost (per period) for impairment of a truck and C_l: Cost (per period) to rent a truck,
q_w: Capacity of the tank w of a truck,
d_{ij}: Travel time between the station i and the station j,
f_{ij}: Travel cost between station i and station j, including the cost of stopping at station j,
t_{ip}: Rate of consumption of product p at station i,
s_{ip0}: Initial stock of product p at station i,
s_{ipt}: Stock of product p at station i at the end of period t,
C_{ip}: Reservoir capacity of product p at station i,
h_{kt}: Number of overtime hours worked by truck k in period t,
X_{ikvt}: Binary variable equal to 1 if station i is supplied by the truck k during the trip v at period t, otherwise 0,
Y_{ipwt}: Binary variable equal to 1 if product p is allocated to the tank w at the supply station i at period t, otherwise 0,
Z_{ijkvt}: Binary variable equal to 1 if truck k visits, during the trip v, station j immediately after station i at period t, otherwise 0,
Q_{ipwt}: Quantity of product p to deliver into the tank w of the truck that visits station i at period t.

The objective function of the supply problem of gas stations is formulated as follows:

$$Min \quad C_s \sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{m} h_{kt} + \sum_{t=1}^{T}\sum_{k=1}^{m}\sum_{i=0}^{n}\sum_{i\neq j}\sum_{v=1}^{V} f_{ij} Z_{ijkvt}$$

It corresponds to the sum of variable costs on the planning horizon. It includes the cost of overtime and the cost of journeys including the cost of stops at stations.
While the constraints associated with the problem can be grouped as follows. Constraint (1) provides that for each truck and for each period, the number of hours worked does not exceed the authorized number of hours (and overtime if applicable):

$$\sum_{v=1}^{V}\sum_{j=1}^{n}(d_{0j}+\tau)Z_{0jkvt} + \sum_{v=1}^{V}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0,j\neq i}^{n}(d_{ij}+u_i)Z_{ijkvt} \leq L + h_{kt} \qquad k=1,...,m; t=1,...,T \quad (1)$$

Constraint (2) ensures that the number of overtime hours worked by each truck and for each period will not exceed the maximum allowed: $h_{kt} \leq H \qquad k=1,...,m; t=1,...,T$ (2)

For each product and each station, the constraint (3) determines the stock end of each period:

$$sh_{ipt-1} + \sum_{w=1}^{r} Q_{ipwt} - t_{ip} = s_{ipt} \qquad i=1,...,n; p=1,...,r; t=1,...,T \quad (3)$$

Constraint (4) ensures that the delivered quantity to a station does not exceed the capacity of the used tank: $Q_{ipwt} \leq Y_{ipwt} q_w \qquad i=1,...,n; p=1,...,r; w=1,...,r; t=1,...,T$ (4)

Constraint (5) guarantees that for each site visited, the total quantity of product p to be delivered does not exceed the free space of the reservoir associated with this product:

$$\sum_{w=1}^{r} Q_{ipwt} \leq C_{ip} - s_{ipt-1} \qquad i=1,...,n; p=1,...,r; t=1,...,T \quad (5)$$

Constraint (6) ensures that no station will be out of stock even if the station is supplied at the end of period t: $$s_{ipt} \geq t_{ip} \qquad i = 1, ..., n; p = 1, ..., r; t = 1, ..., T \qquad (6)$$

As the stations visited are supplied with at least one product, constraint (7) ensures that the number of stations visited during the same trip can not exceed the number of tanks of a truck:

$$\sum_{i=1}^{n}(Z_{0ikvt} + \sum_{j=1 j\neq i}^{n} Z_{ijkvt} + Z_{i0kvt}) \leq (r+1) \qquad k = 1, ..., m; v = 1, ..., V; t = 1, ..., T \qquad (7)$$

Constraint (8) indicates that the assignment of a compartment in the delivery of a product at a station will be made only if the station must be visited:

$$Y_{ipwt} \leq \sum_{k=1}^{m}\sum_{v=1}^{V} X_{ikvt} \qquad i = 1, ..., n; p = 1, ..., r; w = 1, ..., r; t = 1, ..., T \qquad (8)$$

Constraint (9) requires that if the station i is visited in period t, then at least one product will be delivered: $$\sum_{w=1}^{r}\sum_{p=1}^{r} Y_{ipwt} \geq \sum_{k=1}^{m}\sum_{v=1}^{V} X_{ikvt} \qquad i = 1, ..., n; t = 1, ..., T \qquad (9)$$

Constraint (10) ensures that no station will be visited more than once per period:

$$\sum_{k=1}^{m}\sum_{v=1}^{V} X_{ikvt} \leq 1 \qquad i = 1, ..., n; t = 1, ..., T \qquad (10)$$

The constraint (11) (respectively (12)) ensures that no more than one station will be seen immediately after (respectively before) a station i during a trip k if and only if station i is visited during this trip.

$$\sum_{j=0 j\neq i}^{n} Z_{ijkvt} = X_{ikvt} \qquad i = 1, ..., n; k = 1, ..., m; v = 1, ..., V; t = 1, ..., T \qquad (11)$$

$$\sum_{i=0 i\neq j}^{n} Z_{ijkvt} = X_{Jkvt} \qquad i = 1, ..., n; k = 1, ..., m; v = 1, ..., V; t = 1, ..., T \qquad (12)$$

Finally, constraint (13) is called the constraint of the prohibition of "sub-turns". It makes it impossible towers excluding the central repository:

$$\sum_{i\in\Theta}\sum_{j\in S i\neq j}^{n} Z_{ijkvt} \leq s - 1 \qquad \forall S \in \Theta; k = 1, ..., m; v = 1, ..., V; t = 1, ..., T \qquad (13)$$

The problem of supplying gas stations belongs to the class of vehicle routing problems. Lenstra and Kan [8] in 1981 proved that it is an NP-complete problem i.e. there is no known polynomial-time algorithm for solving it. Existing algorithms allow solving problems that involve a little more than 25 peaks [3], but as soon as the problem size becomes larger, the computing time becomes prohibitive. Because of the limited success of exact methods, much attention has been paid in the literature to the development of heuristic algorithms. According to the formulation, the model contains Tn[r(2) + mV (n + 2)] binary variables, T(nr(2) + m) continuous variables and T[2m + mV (1 + 2n) + n(3r + 2r(2) + 2)] constraints (excluding the constraint 13). For a very small problem with 20 stations, 5 trucks, 3 products, a planning horizon of seven periods and a maximum of 2 trips per truck per period, there will be 32 060 binary variables, 1295 continuous variables and 7000 constraints (excluding constraints prohibiting "sub-towers"). Using such a model for solving real size problems, it is practically

impossible to reach the goal with using available commercial software. It must have recourse to heuristics which merely obtain solutions as well as possible within a reasonable time, but without guaranteeing optimality. Recent developments in the combinatorial optimization theory have greatly enriched heuristics methods and this has actually resulted in a large number of successful applications. The heuristics developed, for the vehicles tour problem, are based on heuristic initially developed for the traveling salesman problem. By extending the scheme proposed in [4] and [1], the approximate methods can be classified into four main categories: Constructive Ways Methods, Methods in two phases, Incomplete Optimization Methods and finally Improvement Methods.

4. Tabo method applied to the problem of supplying gas stations with structures of compounds neighbourhoods and ejection chains

The use of compounds neighbourhoods adds another sophistication level to the motion generation procedures. Several types of composed neighbourhoods structures have been used by other methods and can be defined as a compression of a sequence of simple movements in a single compound movement. This approach type combines and generalizes ideas based on alternative paths in graph theory, Construction of network based on exchanges in optimizing matroids and restricting structures to solve integer programming problems. All these guidelines have a research component of neighbourhoods and involve a variety of new approaches for solving combinatorial optimization problems. By interpreting the definition of Glover [2] in 1991 for a chain of ejection (which will be discussed below), we maintain the following characteristics:

1. the neighbourhood of a simple movement is included at every level in a sequence neighbourhoods reflecting more complex movements,
2. evaluating a motion at each level does not depend on the movements to past levels of the chain,
3. the transition from one level to the next reproduces an incomplete (or ineligible) structure but retains a high level of legitimacy,
4. at each level, obtaining a complete structure is by applying the appropriate motions to the chain closing.

4.1. Levels of a chain of ejection

An ejection chain can be considered as a sequence of levels, for which each level is consisted of three consecutive vertices in a tour. For best viewing, you can imagine the levels of the chain as a vertical stack $P = \left\{(v_{i-1}, v_i, v_{i+1}), \ldots, (v_{i-1}, v_i, v_{i+1})\right\}$. The string can be identified by the central vertices $\Gamma = \{v_i, \ldots, v_t\}$. The top v_i is the initial end of the chain P, and the top v_i is the terminal end of the chain P. The set $\Gamma^{-1} = \{v_{i-1}, \ldots, v_{t-1}\}$ (respectively $\Gamma^{+1} = \{v_{i+1}, \ldots, v_{t+1}\}$) of predecessor (respectively successor) of the central peaks is called the vertex set of input (respectively output). The set $W = \Gamma^{-1} \cup \Gamma \cup \Gamma^{+1}$ is the vertex set of components of the ejection chain.

4.2. Transition Movement

A string represents a modification or partial transition from the current tour to another tour, as determined by a sequence of movements to a level k, and ejection of the terminal node determines the end of the ejection chain. More precisely, the transition can be characterized by the removal of consecutive arcs $(v^k_{p-1}, v^k_p), (v^k_p, v^k_{p+1})$ and the creation of arcs $(v^{k+1}_{q-1}, v^{k+1}_{q+1})$, where ($k$ identifies the current level chain. The pattern of a string of ejection is given in Figure 3. The bonds affected by the movement of transition are represented by the diagonal arches, solid line and they form the arches of the following new tours. Horizontal arcs in Pontille, correspond to eliminated arcs from the old tours.

4.3. Legitimacy of an ejection chain

To eject a chain structure is legitimate, it is sufficient that each central peak comes once in the chain, that is to say, it does not reappear as another top component. If a peak appears as a peak of $entry$(resp. A peak of $exit$), it can reappear once and only once as a peak output (resp. A peak of $input$), without violating this restriction. An exception is possible for the top v_1 (repository) which may recur several times as a high input and (or) a peak output any place. By cons, it can never become a central peak.

4.4. Cost of transition

The previous characterization of legitimacy assumes no arc can be added or removed more than once a transitional movement. Thus, changes associated with the ejection $v_r^k \rightarrow v_s^{k+1}$ is given by:

$$c(v_{s-1}^{k+1}, v_r^k) + c(v_r^k, v_{s+1}^{k+1}) - c(v_{r-1}^k, v_r^k) - c(v_r^k, v_{r+1}^k)$$

4.5. Closing movements

To complete the transition from the current tour to another tour, we use closing movements leaving only isolated peaks and unconnected to the tour. These movements are of two types with Type I is to replace the initial end v_i by v_t, while the type II considers the addition of an arc (v_{i-1}, v_{i+1}) vertices for linking respective entry and exit of the initial end, and the inclusion of v_t between two consecutive vertices v_p and $v_q = v_{p+1}$. The principle of these movements is illustration in Figures 2 and 3.

4.6. Cost of a new solution

From the last two movements, the cost of changing the solution can be calculated. The movement of the Type I change the ejection chain by adding arcs (v_{i-1}, v_t) and (v_t, v_{i+1}), while the Type II movement changes the channel by adding arcs (v_{i-1}, v_{i+1}), (v_p, v_t), (v_t, v_q) and by removing arc (v_p, v_q). Therefore, we can separate the costs of operations in the ejection chain into four components:

1. replace v_i by v_t whose cost is $\Psi(v_t, v_i) = c(v_{i-1}, v_t) + c(v_t, v_{i+1})$
2. liaison between the predecessor and successor of v_i whose cost amounts to

$$\Omega(v_i) = c(v_{i-1}, v_{i+1})$$

3. inclusion of v_t from v_p and v_q for which the cost is required

$$\Phi(v_t, v_p) = c(v_p, v_t) + c(v_t, v_{p+1}) - c(v_p, v_{p+1})$$

4. the ejection of v_s started with v_r) for each level k $(k = 0, \ldots, l(t))$ whose cost is as

$$\Upsilon(v_r, v_s) = \sum_{0<k\leq l(t)} \left[c(v_{s-1}^k, v_r^{k-1}) + c(v_r^{k-1}, v_{s+1}^k)\right] - \left(\sum_{0\leq k\leq l(t)} \left[c(v_{r-1}^k, v_r^k) + c(v_r^k, v_{r+1}^k)\right]\right)$$

The gains corresponding to the ejection chains are given respectively by the two expressions:

$$\begin{aligned} \Delta F_I &= \Psi(v_r, v_s) \\ \Delta F_{II} &= \Omega(v_i) + \Upsilon(v_r, v_s) + \Phi(v_t, v_p) \end{aligned}$$

where ΔF_I and F_{II} denote differences between the values of the objective function before and after the ejection chains, respectively closing movements of type I and type II.

4.7. Value ejection and Evidence

The cost of the change caused by the movement of transition, is called *valeur-ejection* while *valeur-preuve-1* and *valeur-preuve-2* is the cost of modified tour for closing movements of the type I and type II. If an ejection chain satisfies the condition of *légitimité* (considering both v_p and v_q components as vertices for the movement of type II) we obtain

$$\begin{aligned} valeur - preuve - 1 &= valeur - ejection + \Psi(v_t, v_i) \\ valeur - preuve - 2 &= valeur - ejection + \Omega(v_i) + \Phi(v_t, v_p) \end{aligned}$$

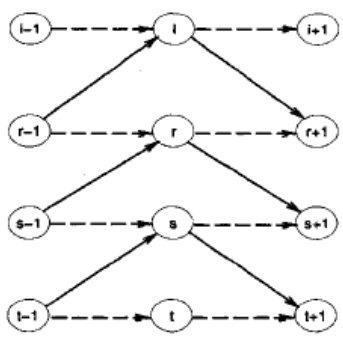


Figure1: An ejection chain of 4 levels

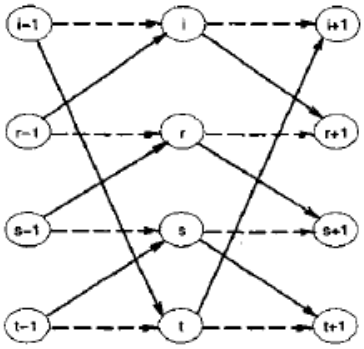


Figure2: A string with the closing movement of type I

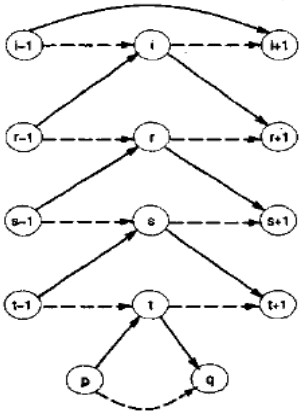


Figure3: A string with the closing movement of type II

5. Conclusion

We presented an approach for solving the supply networks of gas stations which correspond in particular to a vehicle routing problem based on combining the Tabou method and consideration of composed neighbourhood by chains of ejection to create compound movements. This allows to find an effective method of solving the problem of tour. The chain structure of ejection was defined by a sequence of transitional movement and closure. Two chain structures have been proposed and each corresponds to a different search procedure. The chain with closing movements of type I leads to a procedure for exchanging vertices between rounds. This type of movement has the distinction of keeping constant the number of vertices in each round and the insertion procedure is achieved through the use of movements of closing of type II.

References

[1] W. Bell, M. Fisher, A. Greenfield, R. Jaikumar, P. Kedia, R. Mack and P. Prutzman, "Improving the distribution of industrial gases with an on-line compruterized routing and scheduling optimizer", Interfaces 13(6), 1983, (pp. 4-23).

[2] F. Glover, "Multilevel Tabu search and embeddad search neighborhoods for the traveling salesman problem", Technical Report, University of Colorado at Boulder, 1991.

[3] J.K. Lenstra and A.H.G.R Kan, "A complexity of vehicle routing and scheduling problems", Networks, vol 11, 1981, (pp. 221-227).

[4] E. Taillard, "Parallel iterative search methods for the vehicle routing problems", Technical Report n° ORWP 92/63, EPFL, Switzerland, 1992.

[5] D. Taqa allah, J. Renaud and F.F. Boctor, "Le problème d'approvisionnement des stations d'essence", J. Européen des Systèmes Automatisés, Vol. 34, no. 1, 2000, (pp. 11-33).

Demande de transport de fret et Croissance économique en Tunisie : Couplage ou Découplage ?

H, Bouguerra

Doctorante en Sciences Economiques, Faculté de Droit des Sciences Economiques et Politiques
Université de Sousse, Tunisie. bg.hajera@yahoo.fr

Abstract.

The relation between freight transport demand, in particular of goods, and economic activity is intensive and positive in most European countries. This correlation observed between transport demand and economic growth throws light on the concepts of coupling but, the negative environmental impact of transport and the emergence of sustainable transport questioned this coupling. This paper tries to unfold the linkage between freight transport demand and GDP by undertaking a cointegration analysis for Tunisia with annual data over the period 1980-2005.We study the following question in this paper, using a cointegration analysis: Is there a causal link between freight transport demand and GDP? What is the direction of this causality? Is there a coupling between GDP and freight transport growth?

At last, some suggestions for the development of Tunisian transportation are proposed.

Key words: Freight transport demand; economic growth; sustainable transport

1. Introduction.

Depuis longtemps, le transport est considéré comme un défi majeur pour le développement de l'économie et l'amélioration des conditions de vie des populations. En effet, les économistes reconnaissent le rôle du transport dans l'amélioration de la productivité et la croissance économique. Il est considéré comme un élément important et indispensable à la réalisation et à la compétitivité des échanges extérieurs.

Récemment, les chercheurs s'intéressent de plus en plus non pas aux effets de l'offre de transport sur la croissance (amélioration des services, augmentation de productivité, réduction des coûts…) mais aux effets de la croissance économique sur la demande de transport.

Dans ce contexte, plusieurs analyses empiriques portant sur la plupart des pays européens montrent que la demande de transport de marchandises (exprimée en tonnes-kilomètres) est élastique par rapport à la croissance économique (mesurée généralement par le produit intérieur brut (PIB)), c'est-à-dire tout accroissement de PIB engendre un accroissement plus proportionnel de la demande de transport. C'est le phénomène de «couplage ».

Ce phénomène de couplage n'est pas relatif seulement aux pays européens, mais on peut le constater dans tout pays qui enregistre une croissance économique importante et qui envisage la mondialisation et l'ouverture sur l'extérieur, tel est le cas de la Tunisie.

Dans le but de confirmer ou d'infirmer la présence de couplage entre la croissance économique nationale et la demande de transport de marchandises en Tunisie, nous proposons d'abord d'apporter un éclairage sur la notion de couplage en fouillant la littérature sur le sujet, nous montrerons ensuite comment la référence au transport durable nous permettent d'entrer dans la problématique de découplage comme étant une solution pour réduire les effets néfastes du transport. Enfin nous examinerons empiriquement les interactions entre croissance économique et demande de transport de fret en Tunisie.

2. La notion de couplage.

Le couplage est défini comme étant une relation d'induction de la demande de transports par la croissance économique [1].Le transport de marchandises est une demande dérivée des autres activités de production, ce qui explique son évolution similaire avec la croissance économique [2].

Un simple examen graphique de l'évolution de l'économie générale et de trafic exprimé en tonnes Kilomètres dans le cas de l'Union Européenne montre une croissance très rapide de la demande de transport, notamment dès 1990, ce qui accrédite l'hypothèse que les deux variables vont de pair et qu'elles s'alimentent l'une et l'autre [3].

Il est à noter qu'afin d'analyser la relation entre croissance économique et demande de transport de fret, nombreux instruments peuvent être utilisés.

En fait ,la relation de couplage/découplage peut être détectée en estimant l'élasticité *E* qui désigne le rapport entre la variation en pourcentage du volume de transport et la variation en pourcentage de PIB.Ainsi si l'élasticité (E) est négative, la demande de transport et la croissance économique évoluent en sens inverse (quand l'un diminue, l'autre augmente et vice versa), c'est le découplage fort et si l'élasticité est comprise entre 0 et 0.8, la demande de transport augmente à un rythme inférieur à celui de la croissance économique. La demande dans ce cas est inélastique par rapport à l'activité économique, on parle alors d'un découplage faible.De même, lorsque l'élasticité est comprise entre 0.8 et 1.2, il s'agit d'un couplage faible et si E est supérieur à 1.2, la demande de transport augmente à un rythme supérieur à celui de la croissance économique, dans ce cas, on dit que la demande est élastique par rapport à la croissance, c'est le couplage fort [4].

L'intensité de transport qui s'interprète comme le nombre d'unités de transport de marchandises nécessaires à la production d'une unité monétaire de production économique constitue aussi un outil d'analyse de lien enttre croissance économique et consommation de transport de fret. Cet indicateur est égal au ratio du nombre de tonnes-Kilomètres et la valeur de PIB [5].Ainsi, une situation de couplage se caractérise par une augmentation ou une stabilité de l'intensité de transport [6].

Dans la littérature, plusieurs techniques économétriques ont été également employées pour savoir si la demande de transport de marchandises et la croissance économique vont de pair telles que les techniques de l'économétrie standard (MCO)et les techniques de l'économétrie des séries temporelles (co-intégration).

Récemment, cette assertion de relation étroite entre croissance économique et demande de transports de fret a été remise en cause. En fait, dés la fin des années 80 et surtout pendant les années 90, les acteurs et les initiateurs de transports de marchandises ont pris conscience de l'impossibilité de continuer dans cette voie. Les économistes et les politiciens s'interrogent de plus en plus pour savoir

s'il est possible de casser le lien entre la demande de transport et la croissance économique.Alors la question qui se pose à ce stade : pourquoi cette évolution des idées ? pourquoi est-il mauvais que la croissance des transports soit plus forte que la croissance économique?

C'est la prise de conscience, relativement récente, des effets néfastes de l'activité de transport et l'apparition de la notion de « transport durable » qui est la cause de ce changement d'idées.

3. L'émergence et le développement du concept de transport durable.

L'idée de développement durable était évoquée dans le rapport de la commission Brundtland sur l'environnement et le développement de 1987, qui le définissait comme étant un développement qui répond aux besoins de la génération présente tout en laissant aux générations futures la possibilité de satisfaire leurs besoins et de choisir leur style de vie ,c'est à-dire le développement est durable s'il répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures [7]. La notion confère ainsi une importance capitale à l'exploitabilité écologique des ressources naturelles. Il s'agit de justice transcendant le temps et les générations [8].

Dans la thématique du développement durable, la question des transports est primordiale, dans ce contexte un transport durable doit contribuer à la prospérité économique, au bien être social, et sans nuire à l'environnement et à la santé de l'homme [9].

Les problèmes environnementaux engendrés par l'activité de transport et l'émergence de la notion de transport durable ont conduit les chercheurs à préconiser une solution permettant la conciliation d'une croissance économique perpétuelle, la résolution des problèmes sociaux et la préservation des équilibres naturels. Dans ce cadre, certains estiment qu'il est nécessaire de se demander comment faire face à l'augmentation future de la demande de transport de marchandises [10].

4. Philosophie du découplage.

La déconnexion du taux de croissance des transports avec le taux de croissance du PIB connue sous le concept de « découplage » parait une solution nécessaire pour remédier à la forte corrélation entre demande de transport et croissance économique.

En fait, le gouvernement anglais et à travers un document intitulé Sactra Report pose la question suivante « *est-il possible de découpler la croissance de la circulation avec la croissance économique pour conserver les bienfaits de l'activité de transport en limitant les externalités négatives telles que la congestion et les impacts environnementaux* ».

De nombreux travaux menés depuis quelques années démontrent qu'il est crucial de maitriser la progression de la demande de transport de fret dans les pays développés à travers le découplage qui fait l'objet d'une attention particulière et suscite de grands espoirs [11]. Le découplage entre la croissance économique et celle du transport est considéré comme un moyen pour rééquilibrer la politique de transport en tenant compte des objectifs économiques.

Les réflexions autour de la notion du découplage ont conduit à distinguer ce que l'on appelle le découplage «relatif» (baisse du transport routier dans l'activité de transport de marchandises) et le découplage « absolu » (baisse du transport de marchandises par rapport au PIB) [12].

Le découplage relatif traduit une réduction du taux de croissance de la demande de transport à un niveau inférieur à celui de la croissance du PIB tout en restant positif alors que **le découplage absolu** traduit une décroissance de la demande de fret, malgré une croissance positive du PIB.

Afin d'assurer le découplage relatif, plusieurs chercheurs préconisent la pratique du transfert modal du mode routier vers des modes plus respectueux aux contraintes environnementaux (ferroviaire, maritime). Afin de réaliser le report modal, plusieurs actions sont envisagées telles que la tarification du transport routier (ayant pour objectif l'internalisation de ses effets externes), la revitalisation des chemins de fer, l'interconnexion des modes de transport…

Le découplage absolu ne suppose pas une réduction du transport routier comme celui de découplage relatif, mais il s'agit d'un rationnement du transport de fret en agissant sur les distances parcourues qui peuvent être réduites grâce à une relocalisation de l'appareil productif et distributif.

Dans le cas d'un pays comme la Tunisie, il n'existe pas d'étude ayant abordé ce problème, la suite de ce travail sera consacrée alors à vérifier la nature de la relation entre demande de transport de fret et croissance économique en Tunisie.

5. Couplage ou découplage en Tunisie.

Cette étude analyse les interdépendances entre croissance économique et demande de transport de marchandises en Tunisie en s'appuyant non pas sur des techniques de régression classiques (moindres carrées ordinaires (MCO)) mais sur une méthodologie liée à des récents développements de l'économétrie des séries temporelles.

5.1. Description des données utilisées et méthodologie

Les variables faisant l'objet de cette étude sont : la demande de transport routier de marchandises (TKM) exprimée en tonnes kilomètres et la Production Intérieure Brute (PIB) exprimée en dinars aux prix constants de 1990.

Avant de mener notre analyse, nous lissons nos variables (s'étalant de 1980 à 2005) à l'aide de la transformation logarithmique afin d'éliminer les problèmes d'échelle. Notre modèle est alors :

$$LTKM = f(LPIB) \qquad (1)$$

Notre méthodologie est basée sur une approche en deux étapes. La première étape essaie de vérifier les propriétés des séries chronologiques (stationnarité et ordre d'intégration) et la deuxième se base sur la théorie de la co-intégration pour examiner la relation de long terme entre TKM et PIB.

5.2. Test de racine unitaire

Il est certes connu que l'emploi des séries non stationnaires dans les régressions a pour effet de produire ce qu'on appelle "la fausse régression", la régression "illusoire" ou "fallacieuse"[13]. La bonne régression est celle qui utilise alors des variables stationnaires. Le test de racine unitaire consiste à déterminer si une série temporelle est stationnaire ou non. Le test utilisé dans notre cas est le test de Dickey-Fuller Augmenté (ADF) .Le tableau 1 représente les résultats du test ADF effectué sur nos deux séries.

Variables	En niveau	En différence première	Ordre d'intégration
LTKM	-0.627670	-3.623403	I (1)
LPIB	0.373450	-5.447872	I (1)

Tableau 1: Les résultats du test de Dickey-Fuller-Augmenté (1980-2005)

Le test ADF montre que LTKM et LPIB ne sont pas stationnaires mais elles sont toutes intégrées d'ordre1. Toutes les variables étudiées suivent une marche aléatoire. Ce résultat n'est pas étrange puisque les séries macroéconomiques sont généralement non stationnaires et particulièrement pour les pays en voie de développement. Nous nous intéressons alors à l'étude de co-intégration entre ces séries.

5.3. Test de co-intégration d'Engle et Granger

Tester l'hypothèse de co-intégration entre nos deux séries revient à estimer en premier lieu par la méthode de MCO la relation de long terme entre demande de transport de fret et croissance économique, et d'appliquer en deuxième lieu un test de racine unitaire (test de Dickey-Fuller, test de Dickey-Fuller Augmenté ou test de Phillips et Perron) sur les résidus de l'équation estimé [13].

L'estimation de la relation entre LTKM et LPIB nous donne l'équation suivante :

$$LTKM_t = -7.22 + 0.06\ LPIB_t \qquad (2)$$

(37.37) (1.73)*

* significatif à 10%

Pour s'assurer de la validité de notre modèle, il faut tester l'hypothèse de co-intégration en se basant sur le test ADF (Dickey-Fuller Augmenté) .Nous récupérons alors les résidus de la régression (2) et nous appliquons le test ADF sur ces résidus.

La valeur calculée de la statistique de Dickey-Fuller Augmenté (-2.51) est supérieure à la valeur théorique [14].Les résidus de l'équation de co-intégration sont alors non stationnaires et LTKM et LPIB ne sont pas co-intégrées.

L'équation de co-intégration est illusoire et il n'existe pas un équilibre à long terme entre demande de transport de marchandises et croissance économique en Tunisie. Il s'agit d'un découplage puisque LTKM et LPIB ne suivent pas des évolutions parallèles sur la période s'étalant de 1980 à 2005.

Il est vrai qu'il ya un découplage entre la croissance économique et la demande de transport, mais on peut prévoir un couplage dans le futur surtout avec la prédominance de transport routier .Dans ce contexte, nous pouvons citer quelques actions susceptibles d'améliorer la fluidité du transport de marchandises en Tunisie tout en respectant les contraintes environnementales. La Tunisie doit encourager le transport multimodal en se dotant d'une infrastructure portuaire suffisante et adaptée pour le traitement des conteneurs à l'ère de la conteneurisation. Elle doit aussi surmonter les problèmes d'interopérabilité et d'inter modalité c'est-à-dire le transfert du transport d'un mode à un autre et son utilisation en tant que mode de transport où il n'y a pas de rupture de charge, mais plutôt une continuité de responsabilité et de services. De même, on doit améliorer le transport routier et ferroviaire en facilitant les procédures et accélérant l'échange de données informatisées.

6. **Conclusion.**

En s'intéressant à la relation d'induction de la demande de transport par la croissance économique, plusieurs économistes ont constaté que dans la plupart des pays européens la demande de transport de

marchandises croit plus rapidement que la croissance économique. Le recours à une métaphore permet de dire que l'activité de transport est couplée à la croissance. Dans le but de confirmer ou d'infirmer la présence de couplage entre la croissance économique nationale et la demande de transport de fret en Tunisie un test de co-intégration en deux étapes d'Engle et Granger a été effectué sur la période 1980-2005.

A partir des résultats de ce test, nous avons montré que la Tunisie connaît une phase de découplage à la différence des pays développés. En effet, la croissance économique de la Tunisie s'est accompagnée de moins en moins de volume de trafic kilométrique.

A ce stade, la question qui se pose : quelles sont les facteurs aboutissants à ce découplage ? La réponse à cette question dépasse le cadre de ce travail et devrait faire l'objet de recherches ultérieures.

Références.

[1] JOIGNAUX G., VERNY J (2003). Le découplage entre transport de marchandises et croissance : organisations productives, localisations et demande de transport. XXIXème colloque de l'ASRDLF.

[2] KVEIBORG O., and FOSGERAU M. (2005). Decomposing the decoupling of freight traffic growth and economic growth .Danish Transport Research Institute: Lyngby.

[3] VERNY J. (2005). The Problem of Decoupling Between Freight Transport and Economic Growth. Paper presented at the 8th NECTAR conference, Las Palmas, G.C.

[4] TAPIO P. (2005). Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*, 12:2, pp.137-51.

[5] BAUM H. (2000). Decoupling transport intensity from economic growth. Key issues for transport beyond 2000, 15th international symposium on theory and practice in transport economics, OECD.

[6] BRUNEL J. (2005). Le transport de marchandises et la croissance économique. XLIème colloque de l'ASRDLF. Villes et territoires face aux défis de la mondialisation.

[7] Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1988). Notre avenir à tous (rapport Brundtland, 1987). Éd. du Fleuve / les publications du Québec, Montréal, 434 p.

[8] Aberle G (2003) .Durabilité des transports : le rôle du partage modal et de la tarification .16ème symposium international sur la théorie et la pratique dans l'économie des transports.

[9] CEMT (1993). La croissance du transport en question. 12ème symposium international sur la théorie et la pratique dans l'économie des transports. Publication de l'OCDE, 700P.

[10] MEERSMAN H., VAN DE VOORDE E. (1997). La croissance des transports de marchandises est-elle évitable?.Which changes for transport in the next century.14th international symposium of theory and practice, OECD.

[11] GILBERT R. and NADEAU K. (2002) .Decoupling economic growth and transport demand: A requirement for sustainability. Paper presented at the Conference on Transportation and Economic Development, *Transportation Research Board*, Portland Oregon.

[12] BERNADET M. (2003). Transports routiers de marchandises et développement économique : une nécessité incontournable ?, *Annales des mines*, Laboratoire d'économie des transports, Lyon.

[13] ENGLE, R.F., and GRANGER, C.W.J. (1987). Co integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica*, 50, pp. 251-276.

[14] ENGLE, R. F., and YOO B.S. (1987). Forecasting and Testing in Cointegrated Systems, *Journal of Econometrics*, 35, pp. 143 159.

Predicción de tiempo en sistemas logísticos basados en colas mediante Redes Neuronales Artificiales.

Juan Jesús Ruiz Aguilar[1], José Antonio Moscoso López[2], Ángel Luís Duarte Sastre[3], María del Mar Cerbán Jiménez[4], Ignacio J. Turias Domínguez[5].

[1,3]Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. PAIDI-TEP-024
[2] Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. PAIDI-SEJ-420
[3]Departamento de Economía General. PAIDI-SEJ-295
[4]Departamento de Lenguajes Informaticos.PAIDI-TEP-024
[1, 2, 3, 4,5] Escuela Politécnica Superior de Algeciras (España), Av. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España.
[1, 2, 3, 4, 5] Universidad de Cádiz.
juanjesus.ruiz@uca.es[1]; joseantonio.moscoso@uca.es[2]; angelluis.duarte@uca.es[3];
mariadelmar.cerban@uca.es[4];ignacio.turias@uca.es[5]

Abstract. One of the most important logistic tasks within the transport environment is predicting wait times associated with the provision of service. This problem will be addressed by the queuing theory to analyze the estimated time of service. Application of Artificial Neural Networks (ANNs) could be an useful tool in these kinds of systems.

Keywords: Time prediction, Queues, RNAs, Logistic system.

1. Introducción.

Una de las tareas logísticas más importantes dentro del entorno de los transportes nace de intentar encontrar soluciones a los problemas relacionados con la prestación del servicio, ofreciendo rapidez y a su vez de calidad.

Particularmente importante resulta la solución en problemas de predicción sobre tiempos de espera en los distintos sistemas o empresas dentro de un entorno logístico. El nivel de servicio ofrecido en cuanto a tiempo y costes es un motivo de peso para la atracción y fidelización de clientes, más si cabe en una actualidad en la que su funcionamiento depende, en gran medida, del cumplimiento de la logística "just in time" y, por tanto, de que las diferentes empresas depositen su confianza.

Muchos de estos servicios ofertados en un sistema logístico están afectados por colas o líneas de espera y es la gestión de éstas las que nos pueden dar mejor o peor nivel de servicio.

De este sistema de colas se desprende un tiempo de espera medio de cada cliente, que resulta de una tasa de entrada obtenida en un momento determinado y de la tasa de servicio ofrecida. Sería por tanto interesante poder anticiparse y conocer con la respuesta de los organismos ante determinadas situaciones de demanda. Desde la perspectiva del usuario para poder conocer de antemano los tiempos de espera que repercutirán en su cadena logística y desde la perspectiva del organismo en cuestión

para saber el alcance real de su oferta de prestación de servicio, sabiendo anticiparse a los períodos punta y adaptarse a las fluctuaciones.

Con este motivo se pretende modelar el flujo de tiempos de entrada y salida de un sistema de colas y que conforman una base de datos adecuada para configurar el modelo, con el fin de predecir los tiempos de servicio y situaciones adversas con antelación, toma de decisiones o preparación de la infraestructura o equipamiento necesario.

La predicción podrá ser cuantitativa, encontrándose del tipo numéricas en base a una serie de variables, y también problemas en los que el objetivo sea predecir eventos, en los que haya que identificar un evento u otro entre una clasificación previa, también en base a una serie de entradas, como por ejemplo, cuando se supera el tiempo límite de un servicio. Para ambos tipos de problemas se ha de disponer de una base de datos coherente con el universo de posibles valores en el mundo real.

Es por lo tanto en las Redes Neuronales Artificiales (RNAs) donde encontramos un perfecto aliado para la predicción de estas líneas de espera.

2. Revisión de Literatura

Existe numerosa literatura relacionada con el uso de redes neuronales y teoría de colas asociadas al transporte o cadenas logísticas. No así ocurre con ambas técnicas combinadas simultáneamente. Es por tanto interesante realizar una revisión crítica de la investigación realizada hasta el momento sobre el uso de redes neuronales y teoría de colas en sistemas de transporte y logísticos.

El uso de la teoría de colas está muy extendido para evaluar y mejorar el rendimiento de sistemas, ya que permiten formalizar de modo muy natural clientes o peticiones, recursos y procesos presentes en la mayor parte de los sistemas logísticos de producción, de servicios o de transportes [1].

Un elevado número de trabajos de investigación se han publicado en el área de modelado de sistemas de montaje y fabricación utilizando redes de colas. Podemos encontrar análisis del modelado de una cadena de suministro usando redes de colas en [2]. El objetivo de este trabajo es calcular el tiempo de respuesta mínimo para la entrega de elementos a su destino final a lo largo de varias etapas de la red. El número medio de los artículos que se pueden entregar con este tiempo de respuesta mínimo constituye el óptimo de capacidad de la red de colas. En el mismo sentido, problemas de asignación de la mejor tasa de servicio para minimizar el retraso esperado bajo una restricción de costos se considera en [3], estudiando casos con varios tipos de clientes, distribución general de tiempos de servicio, estocástico o determinista, entre otros.

En los modelos de planificación o programación de servicios, la capacidad ideal requerida en cada período del horizonte de programación resulta determinante [4]. Algunos estudios han ido encaminados a buscar la capacidad productiva ideal que se requiere aplicando teoría de colas en cada período [5,6]; incluso teniendo en cuenta factores como el absentismo laboral [7], fenómenos que merman la capacidad productiva de una cadena logística, y que han sido objeto de atención relativamente escasa en la literatura.

Son abundantes las aportaciones existentes en el uso de redes neuronales para la predicción en el ámbito del transporte. La previsión sirve para predecir información. Esto puede ayudar a las personas y organizaciones a planificar en el futuro y en la toma de decisiones [8].

Especialmente interesantes resultan los estudios llevados a cabo en las intersecciones de tráfico, capaces de proporcionar una precisión de predicción aceptable de las colas producidas en las intersecciones mediante el uso de RNAs, siendo de menos de un vehículo en más del 95% de los casos [9]. Otros estudios que se han llevado a cabo en este ámbito son las predicciones de flujos de tráfico basadas en matrices de datos origen-destino (OD) en redes pequeñas [10].

Relacionado con el transporte existen interesantes aportaciones sobre la predicción de tráfico en carreteras. Por ejemplo, la predicción a corto plazo a menudo tiene un horizonte de tan solo unos minutos, y con esto podemos activar los sistemas de control de tráfico. Las redes neuronales se han usado en predicciones a corto plazo [11-13].

Los autores de esta investigación cuentan con una nutrida experiencia en la predicción mediante redes neuronales artificiales en diversos ámbitos de aplicación. En el sector del transporte marítimo encontramos recientemente la aplicación de redes neuronales para la predicción del tráfico Ro-Ro en instalaciones portuarias [14,15], con una ventana de de aplicación de varios días futuros y unos resultados alentadores a la hora de predecir con un excelente nivel de exactitud.

Igualmente cuentan con experiencia en otros campos, de los cuales destaca la aplicación de las redes neuronales para el modelado y predicción de contaminantes atmosféricos en zonas muy industrializadas [16], que permiten hacer una estimación precisa de la concentración de polución en el aire, o predicción de altos niveles de monóxido de carbono (CO) en el ambiente [17]. En este mismo sentido, se han utilizado sistemas de clasificación, como las Máquinas de Soporte Vectorial, para la predicción de concentraciones pico de PM10 en el aire [18], obteniendo resultados prometedores.

3. Modelo de colas simple. Modelo M/M/1

La teoría de colas es un conjunto de modelos matemáticos que describe sistemas de líneas de espera particulares. El objetivo es encontrar el estado estable del sistema y determinar una capacidad de servicio apropiada.

Un sistema de colas, como el que se muestra en la Figura 1, se puede describir como: “clientes” que llegan buscando un servicio, esperan si este no es inmediato, y abandonan el sistema una vez han sido atendidos. En algunos casos se puede admitir que los clientes abandonan el sistema si se cansan de esperar.

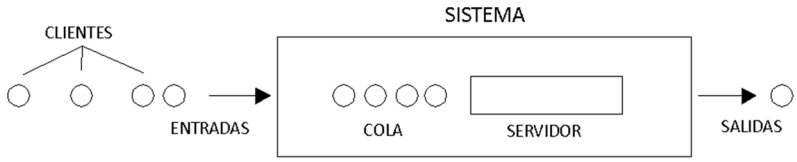


Figura 1. Un sistema de cola típico.

Para una cola simple tipo M/M/1 con llegadas y servicio que siguen una distribución exponencial, con un solo servidor y una disciplina FIFO (First In First Out), considerando un número esperado de llegadas por unidad de tiempo λ (tasa de entradas) y un número de clientes despachados por unidad de tiempo μ (tasa de servicio), según la teoría de colas y asumiendo un sistema infinito podemos obtener un número esperado de clientes en la cola L_q:

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \tag{1}$$

Y finalmente un tiempo esperado de servicio en el sistema W_s, que corresponde con el tiempo total de espera por el cliente tanto en cola como en el servicio, tal que:

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \tag{2}$$

4. Redes Neuronales Artificiales

Los modelos de RNAs más utilizados se conocen como perceptrón multicapa (también red multicapa con algoritmo de aprendizaje de retropropagación de errores o *backpropagation*). La relación en los modelos neuronales entre X e Y se dispone de la forma (a través de una estructura de ponderaciones en las capas, por lo general de entrada-oculta(s)-salida).

$$Y = g\left(\sum_{j=0}^{M} W_{kj} \cdot f\left(\sum_{i=0}^{D} W_{ij} \cdot X_i\right)\right) \tag{3}$$

Las redes neuronales donde $g(x) = x$ y $f(x) = tanh(x)$ han demostrado ser aproximadores universales. Estas redes pueden, por lo tanto, aproximar correctamente de forma arbitraria cualquier función general.

La regla de aprendizaje backpropagation está basada en que la función de error depende lógicamente de los pesos que modelan las conexiones (sinapsis) entre los elementos (neuronas) en cada capa. La función de error no se conoce analíticamente sino que se utiliza un proceso iterativo, en base a los ejemplos disponibles, de minimización de una medida del error cometido por el modelo. En el algoritmo clásico se utilizan un método de gradiente descendente consistente en minimizar el error, comúnmente cuadrático, pero hay otros muchos algoritmos para entrenar redes neuronales multicapa: Gradiente Conjugado, quasi-Newton, Levenberg-Marquardt y otros. La capacidad de generalización de las Redes Neuronales con una capa oculta se enuncian en el teorema de Kolmogorov [19] y en el trabajo de Vapnik and Chervonenkis [20], pero no hay forma de determinar una topología de red óptima, considerando únicamente el número de entradas y salidas. Una opción sencilla seria intentar formar varias redes con distintos números de unidades ocultas y capas, entonces estimar la generalización de error en cada una de las configuraciones de red y tomar como mejor, aquella configuración con menor error. Sin embargo el proceso depende fundamentalmente del conjunto de training/test y de los pesos iniciales, por tanto una posibilidad es calcular el error medio diseñando un experimento de remuestreo.

5. Metodología

Se comprobará el funcionamiento de un conjunto de diferentes modelos mediante una prueba estadística de comparación múltiple, cuyo objetivo es comprobar qué modelos fueron mejores. Para este fin, será necesario el uso de indicadores de calidad de la estimación del error generado, como el coeficiente de correlación (R), el índice de ajuste (d), el error cuadrático medio (MSE), la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE), el error medio bruto (MEG) y el error medio de predicción absoluto (MAPE), para cada modelo de predicción diferente.

Existen muchos métodos para estimar el rendimiento de un modelo (hold-out, validación cruzada, leave one-out, estrategias de penalización…). La estrategia completa que se propone en este trabajo debe repetir 30 veces de forma idéntica lo siguiente: se divide aleatoriamente los datos en un par de conjuntos iguales (training y test), se realiza validación cruzada para la estimación del error para test. Los parámetros de cada modelo serán estimados utilizando uno de los grupos (conjunto de training), mientras que la efectividad del modelo se comprueba mediante el otro grupo (conjunto de test).

6. Resultados.

El experimento fue desarrollado con el objetivo de demostrar la fiabilidad y eficiencia del uso combinado de la teoría de colas y las redes neuronales para la predicción conjunta de tiempos de espera en un sistema logístico general. En primer lugar, se utiliza una cola simple del tipo M/M/1, con una distribución de llegada y de servicio markoviana y un único servidor.

Para la realización de este experimento hemos optado por una base de datos ficticia de tasas de entrada al sistema λ, que simule un período de 24 horas durante 7 días de la semana, con una distribución senoidal, a lo largo de un período de tiempo de 15 semanas (2520 horas) y una tasa de servicio μ constante de 50 unidades/hora. Se ha introducido ruido blanco en la distribución senoidal de tasas de llegadas al sistema, con el fin de garantizar la aleatoriedad del proceso.

De esta base de datos obtenemos unos datos de salida, mediante la aplicación de una cola tipo M/M/1, de la que obtenemos como resultado los tiempos de espera en el servicio para cada entrada, configurando una nueva base de datos a la que aplicaremos posteriormente una red neuronal tipo perceptron multicapa con algoritmo de aprendizaje *backpropagation* y Levernberg-Marquardt como algoritmo de optimización, y el número de iteraciones (*epochs*) se fijó en 1000.

La base de datos tiene la siguiente forma, donde *nh* es el horizonte de predicción y *n* es la ventana temporal considerada del pasado.

$$y(t+nh) = f(y(t), y(t-1),..., y(t-n), x(t), x(t-1),..., x(t-n),...) \quad y(t+nh) \tag{4}$$

Tras realizar un análisis mediante autocorrelación se ha considerado una ventana temporal de 8 horas, con el cual se obtiene un valor óptimo, con un horizonte de predicción considerado de 1 hora. Del ajuste de los diferentes modelos para los valores antes mencionados obtenemos los siguientes resultados:

n	nhidden	R	d	MSE
8	**1**	**0.9253**	**0.9596**	**0.1774**
8	5	0.9169	0.9277	0.2119
8	10	0.9034	0.9489	0.2291
8	15	0.8689	0.9303	0.3129
8	20	0.8145	0.8986	0.4885

Tabla1. Índices de calidad R, d y MSE para patrones de test. *nhidden* es el número de unidades en la capa oculta.

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos con el experimento de remuestreo aleatorio para de una red neuronal con una capa oculta, para diferentes tipologías que se corresponden con diferente número de neuronas en la capa oculta (1, 5, 10, 15, etc.). Se observa que los mejores resultados se alcanzan con un modelo de 1 neurona en la capa oculta. Al incrementar la complejidad del modelo (el número de neuronas ocultas) el nivel de ajuste no mejoran los resultados obtenidos con un menor

número de neuronas, sino todo lo contrario, resulta más complicado ajustar bien los parámetros. Observando los resultados obtenidos podemos destacar que el nivel de precisión y los datos de los índices de error son prometedores.

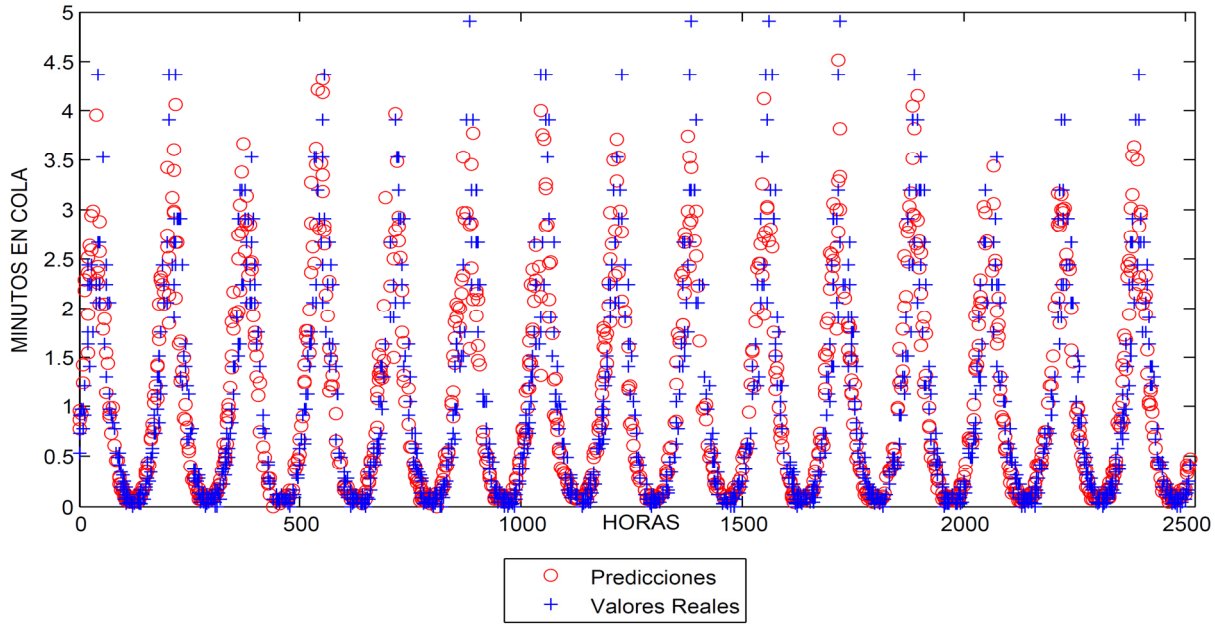


Figura 2. Predicción obtenida para el conjunto de test.

En la figura 2 se muestran los resultados gráficos obtenidos con unos parámetros correspondientes a n = 8 y *nhiddens* = 1, donde observamos la capacidad de generalización del modelo neuronal con patrones diferentes a los de diseño, obteniendo un buen ajuste a los valores reales.

7. Conclusiones

Del análisis de los resultados se desprende la posibilidad de predecir con un excelente nivel de exactitud los tiempos de servicio de un sistema logístico en horas futuras. Este resultado es determinante para conocer el nivel de servicio que estos sistemas han de tener en cada momento y adaptarse a ello, para así optimizar su producción, e implica la capacidad de anticiparse a los clientes para ofrecerles mejores servicios. De este modo se favorece la reducción de tiempos de espera, la satisfacción del cliente y una optimización de tiempos en la cadena logística que permitan garantizar una mayor eficacia.

Esta investigación servirá como base para futuros estudios de análisis y predicción de tiempos en un sistema logístico complejo como es un Punto de Inspección Fronterizo (P.I.F.), en donde el hecho de que se preste un servicio óptimo y fluido, medido principalmente en tiempo e incidencias, es un indicador de calidad fundamental para evaluar el nivel de servicio del Puerto y, por tanto, un argumento comercial esencial.

Referencias

[1] Casanovas, Josep et al. Modelado y Simulación: Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Universitat Politecnica de Catalunya (2003)

[2] V. Bhaskar, P. Lallement, P. (2010), "Modeling supply chain using a network of queues", Applied Mathematical Modelling, Volume 34, Issue 8, 2010, pp. 2074-2088.
[3] P. Pollett, Resource Allocation in General Queuing Networks with Applications to Data Networks. Informe Técnico, Department of Mathematics, University of Queensland, Australia. (1998)
[4] A. Corominas, A. Lusa, N. Muñoz, "Cálculo de la capacidad necesaria para obtener un nivel de servicio predeterminado", IX Congreso de Ingeniería de Organización CIO2005, Gijón, 2005.
[5] G. M. Thompson, "Labor scheduling using NPV estimates of the marginal benefit of additional labor capacity", Journal of Operations Management, Vol. 13, No. 1, 1995, pp. 67-86
[6] A. Ingolfsson, M. Haque, A. Umnikov, "Accounting for time-varying queueing effects in workforce scheduling", European Journal of Operational Research, Vol. 139, No. 3, 2002, pp. 585-597.
[7] J. Olivella, "La organización industrial y el fenómeno del absentismo: un modelo aplicado a la empresa española", Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya (2000)
[8] J. Scott. Armstrong, A Handbook for Researches and Practioners, Kluwe Academic Publishers, pp 2-8. (2001)
[9] P. Hernández-Arauzo, S. López-García, A. Bahamonde, Artificial networks for the computation of traffic queues. IWANN '97 Proceedings of the International Work-Conference on Artificial and Natural Neural Networks: Biological and Artificial Computation: From Neuroscience to Technology (1995)
[10] Chin S. M., Hwang H. L. and Pei T. "Using neural network to synthesize origin-destination Row in a traffic circle", Preprints of Transport Research Board Con, Washington, DC., 1994.
[11] Vlahogianni E, Karlaftis M, Golias J,"Optimized and meta-optimized neural networks forshort-term traffic flow prediction: A genetic approach", Transportation Research Part C, 2005, pp. 211–234.
[12] Dougherty M. S. and Cobbett M. Short term inter-urban traffic forecasts using neural networks. Proc. 2nd DRIVE-II Workshop on Short-Term Forecasting, Delft. The Netherlands, 1994.
[13] Clark S. D. Dougherty M. S. and Kirby H. R. "The use of neural network and time series modes for short term forecasting: a comparative study". Proc. PTRC Summer Meeting, Manchester, 1993
[14] Moscoso, J. A., Duarte, A. L., Turias, I. J. "Metodología de predicción para problemas de transporte usando redes neuronales artificiales", IX Congreso de Ingeniería del Transporte CIT2010, Madrid, 2010.
[15] Moscoso, J. A., Duarte, A. L., Turias, I. J. "Logistics problems approach using Artificial Intelligence Techniques", Congreso Científico Internacional de Ingeniería, Tetuán, Marruecos, 2010, pp. 368-373.
[16] Turias, I. J., Gonzalez, F.J., Galindo, P.L. Application of Neural Techniques to the Modelling of Time-Series of Atmospheric Pollution Data in the "Campo de Gibraltar" Region. Engineering Applications of Neural Networks EANN2003. Vol. 1, pp. 9-16. Málaga (España). (2003).
[17] Martin, M., Turias, I. J., Gonzalez, F.J., Galindo, P.L., Trujillo, F.J., Puntonet, C.G., Górriz, J.M. Prediction of CO maximum ground level concentrations in the Bay of Algeciras, Spain using artificial neural networks. CHEMOSPHERE, ISSN: 0045-6535. Vol. 70, 1190-1195 (2008).
[18] Muñoz, E., Martin, M.L., Jiménez-Come, M.J., Trujillo, F.J., Turias, I.J. "Prediction of peak concetrations of PM10 in the area of Campo de Gibraltar (Spain) Using Classification Models. Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications, 6th International Conference SOCO 2011. Advances in Intelligent and Soft Computing, Volume 87, 203-212. DOI: 10.1007/978-3-642-19644-7, 2011.
[19] Fu LM, Neural networks in computer intelligence, McGraw-Hill, Inc., 1994.
[20] Vapnik VN, Chervonenkis AYa. "On the uniform convergence of relative frequencies of events to their probabilities". Theor Probab Appl, 16(2), 1971, pp. 264–80.

Predicción de tráfico Ro Ro en el Estrecho de Gibraltar.

José Antonio Moscoso López[1], Ángel Luís Duarte Sastre[2], Juan Jesus Ruiz Aguilar[3], María del Mar Cerbán Jiménez[4], Ignacio J. Turias Domínguez[5].

[1, 3] Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. PAIDI-TEP-024
[2] Departamento de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. PAIDI-SEJ-420
[4]Departamento de Economía General. PAIDI-SEJ-295
[5]Departamento de Lenguajes Informaticos.PAIDI-TEP-024
[1, 2, 3, 4,5] Escuela Politécnica Superior de Algeciras (España), Av. Ramón Puyol s/n 11202 Algeciras, España.
[1, 2, 3, 4, 5] Universidad de Cádiz.
joseantonio.moscoso@uca.es[1];angelluis.duarte@uca.es[2];juanjesus.ruiz@uca.es[3];
mariadelmar.cerban@uca.es[4];ignacio.turias@uca.es[5]

Abstract. Strait of Gibraltar is the most important Ro Ro connection between Africa and Europe. The prediction of this traffic is very important to develop and plan the ports infrastructure customs and the border inspection station. Artificial Neural Network (ANN) is a powerful tool to prediction and in this paper we will work with them and discuss the results.

Keywords: Prediction, logistic, Ro Ro, RNAs.

Contenido del resumen:

En el estrecho coexisten varios tipos de tráficos marítimos, y motivado por ser el punto más cercano entre Europa y África es el principal puente de unión para el paso de mercancía rodada que cruza el estrecho mediante buques Ro Ro (Roll-On/Roll-Off).

El tráfico Ro-Ro tiene especial relevancia en el nodo logístico del estrecho de Gibraltar, por lo tanto existen multitud de actores que se ven afectados por dicho tráfico como son los distintos organismos aduaneros, de control e inspección, navieras, servicios al transporte y al transportista, zonas portuarias, etc. Esto nos indica que realizar una predicción del tráfico rodado puede ser una buena herramienta para la ayuda a la toma de decisiones y a la planificación de todos los agentes que se ven afectados.

La predicción podrá ser cuantitativa, encontrándose del tipo numéricas en base a una serie de variables, y también problemas en los que el objetivo sea predecir eventos, en los que haya que identificar un evento u otro entre una clasificación previa, también en base a una serie de entradas. Por ejemplo, para detectar ocasiones en el que el tráfico sobrepase un cierto límite y estas superaciones puedan utilizarse en la toma de decisiones. Para ambos tipos de problemas se ha de disponer de una base de datos coherente con el universo de posibles valores en el mundo real.

Se introduce una metodología que nos permita para un determinado problema seleccionar el mejor modelo desde un punto de vista estadístico y asegurar la mejor generalización para patrones de test que no se hayan usado para el diseño del modelo. Para comparar los resultados se introducen diferentes medidas, recopilación de las más usuales en la literatura, como son: R, d, MAE, MSE,

RMSE, MBE y MAPE, entre otras. Adicionalmente, se revisa los diferentes métodos de validación como n-fold validación cruzada dentro de un experimento de remuestreo aleatorio que nos permita controlar distintas fuentes de incertidumbre.

1. Introducción

Es interesante tener una perspectiva de los estudios realizados con técnicas de redes neuronales relacionados con la predicción. Uno de los objetivos de este trabajo es por lo tanto hacer una revisión crítica de la labor realizada hasta ahora en la investigación del transporte usando redes neuronales.

En cuanto a los estudios referidos al transporte, un área en la que se ha mostrado interés son los problemas en los flujos de tráfico. En estos problemas se necesita calcular los parámetros que, aunque de gran utilidad, no son fáciles de obtener en campo sin tener que recurrir a costosas encuestas manuales. Las matrices de origen-destino (OD) son un recurso típico de los datos con los que los ingenieros trabajan. Existen en la literatura diversas aportaciones tratando de hacer estimaciones de tales matrices de flujo de datos. Las redes neuronales se han utilizado en este contexto, por lo general en una red muy pequeña, o incluso una sola intersección [1-3]. Además, la estimación de la inversa de la matriz OD implica estimar flujos de tráfico partiendo de una matriz OD conocida (o estimada): el problema clásico de asignación de tráfico.

Las Redes Neuronales Artificiales (RNAs) son una técnica de reciente aplicación, que se muestran con gran potencial también en el ámbito de la ingeniería del transporte. [4] realizaron un estudio utilizando dos algoritmos diferentes de RNAs: backpropagation y funciones de base radial, con el fin de pronosticar el flujo de tráfico diario.

La estimación de tiempos de viaje es otro de los campos de la ingeniería del tráfico siendo las RNAs muy efectivas para este tipo de problemas. Esta es la causa a diferencia de la estimación de origen-destino, por la que se pueden obtener buenos resultados utilizando los datos obtenidos [5-6].

Otro tipo de problemas son los análisis de patrones de tráfico. Las redes de tráfico son excelentes fuentes de datos sobre parámetros como velocidad y volumen de vehículos que pasan. Tales conjuntos de datos, recopilados desde distintos puntos geográficos, son muy complicados de analizar debido a las relaciones de causalidad en el espacio y el tiempo que impulsan el comportamiento de los sistemas de tráfico.

Se ha demostrado que las Redes Neuronales han sido como una ayuda para el diagnostico de la congestión del tráfico [7] usando una red neuronal para clasificar el tráfico de una red urbana en uno de los dos estados: congestionado o no congestionado. Un tratamiento similar se realiza en trabajos posteriores [8-9]. También se han utilizado redes neuronales para realizar un análisis de la variación estacional de flujos de tráfico [10]. Por último, algunos trabajos analizan la tarea de identificar la congestión simultánea causada por un incidente que ocurre sobre la calzada, como por ejemplo un accidente de tráfico [11]

La predicción de tráfico es otro problema interesante. Por ejemplo, la predicción a corto plazo a menudo tiene un horizonte de tan solo unos minutos, y con esto podemos activar los sistemas de control de tráfico. Las redes neuronales se han usado en predicciones a corto plazo [12-15], obteniéndose resultados prometedores.

Entre los últimos estudios relacionados con la predicción de tráfico nos encontramos estudios sobre la restructuración de la red de tráfico aéreo americano para mejorar su predicción [16]. En este caso usaron una red con algoritmo de aprendizaje supervisado de retropropagación de errores.

Otros estudios recientes realizan una predicción del tráfico de Container en el Puerto de Bangkok aplicando Redes Neuronales, con el objetivo de planificar las inversiones futuras en la ampliación de dicho puerto [17].

Hay estudios [18] donde se analizan las ventajas que tienen los métodos estadísticos puros frente a las redes neuronales en cuanto a la investigación del transporte se refiere. En este estudio hacen referencia a la particularidad que tienen las redes neuronales para ajustarse a fenómenos no lineales y la capacidad de aprendizaje de estas.

Los autores de este trabajo tienen experiencia previa en la aplicación de predicción a través de RNAs en el campo de predicción de concentraciones de CO_2 [19-21]

2. Redes Neuronales Artificiales.

Los modelos de RNAs más utilizados se conoces como perceptrón multicapa. A través del algoritmo de aprendizaje supervisado de retropropagación de errores (backpropagation o generalized delta rule) las RNAs son capaces de lograr el nivel deseado de asignación de entrada-salida mediante el ajuste de los pesos asociados con cada conexión neuronal en la red.

La relación en los modelos neuronales entre X e Y se dispone de la forma (a través de una estructura de ponderaciones en las capas, por lo general de entrada-oculta(s)-salida)

$$Y = g\left(\sum_{j=0}^{M} W_{kj} \cdot f\left(\sum_{i=0}^{D} W_{ij} \cdot X_i\right)\right) \quad (1)$$

Las redes neuronales donde g(x) = x y f(x) = tanh(x) han demostrado ser aproximadores universales. Estas redes pueden, por lo tanto, aproximar correctamente de forma arbitraria cualquier función general.

La regla de aprendizaje backpropagation está basada en que la función de error depende lógicamente de los pesos que modelan las conexiones (sinapsis) entre los elementos (neuronas) en cada capa. La función de error no se conoce analíticamente sino que se utiliza un proceso iterativo, en base a los ejemplos disponibles, de minimización de una medida del error cometido por el modelo. En el algoritmo clásico se utilizan un método de gradiente descendente pero hay otros muchos algoritmos de para entrenar redes neuronales multicapa: Gradiente Conjugado, quasi-Newton, Levenberg-Marquardt y otros. La capacidad de generalización de las Redes Neuronales con una capa oculta se enuncian en el teorema de Kolmogorov [22-23] y en el trabajo de [24], pero no hay forma de determinar una topología de red optima, considerando solo el número de entradas y salidas. Una opción sencilla seria intentar formar varias redes con distintos números de unidades ocultas y capas, entonces estimar la generalización de error en cada una de las configuraciones de red y tomar como mejor, aquella configuración con menor error. Sin embargo el proceso depende fundamentalmente del conjunto de training/test y de los pesos iniciales, por tanto una posibilidad es calcular el error medio diseñando un experimento de remuestreo.

3. Metodología

La metodología empleada para realizar este trabajo es aplicar un esquema de comparación múltiple. Se utilizará un procedimiento de remuestreo aleatorio para evitar la variación de distintas fuentes por lo tanto la independencia y la aleatoriedad del proceso están garantizadas.

Naturalmente es necesario el uso de algunos índices de calidad para la estimación del error generado, como el coeficiente de correlación (R), el índice de ajuste (d), el error cuadrático medio (MSE), la raíz del error cuadrático medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE), el error medio bruto (MEG) y el error medio de predicción absoluto (MAPE), para cada modelo de predicción diferente.

Existen muchos métodos para estimar el rendimiento de un modelo (hold-out, validación cruzada, leave one-out, estrategias de penalización…). La estrategia completa que se propone en este trabajo debe repetir 30 veces de forma idéntica lo siguiente: se divide aleatoriamente los datos en un par de conjuntos iguales (training y test), se realiza validación cruzada para la estimación del error para test. Los parámetros de cada modelo serán estimados utilizando uno de los grupos (conjunto de training), mientras que la efectividad del modelo se comprueba mediante el otro grupo (conjunto de test).

4. Resultados

El experimento ha sido desarrollado con e fin de comprobar la eficiencia y fiabilidad para la predicción de este tipo de tráfico en el Estrecho de Gibraltar. Se ha utilizado una red neuronal tipo perceptron multicapa con algoritmo de aprendizaje backpropagation y Levernberg-Marquardt como algoritmo de optimización, y el número de iteraciones (epochs) se fijó en 1000.

Los datos usados para el estudio son una amplia base de datos donde registran todo el tráfico Ro-Ro que cruzó el Estrecho de Gibraltar entre los años 2000 y 2007 ambos inclusive.

Los datos de las mercancías fueron tratados y clasificados en función de su código arancelario para dividirlos en las familias que tienen interacción con los Servicios de Inspección en Frontera. Del total de mercancía Ro-Ro que pasa por el Estrecho de Gibraltar casi el 38% tiene que pasar inspección por el PIF. Las mercancías que hemos estudiado son Frutas. Una particularidad que tiene este tráfico es la estacionalidad del paso de las mercancías.

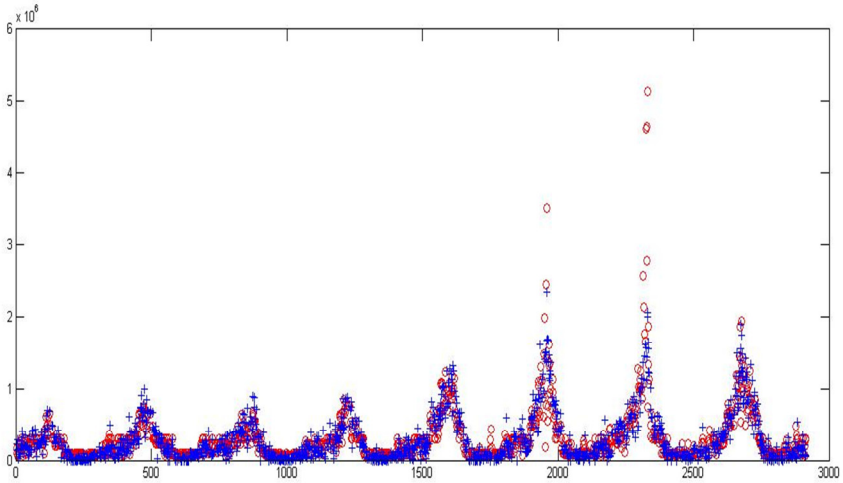


Figura 1 Prediccion obtenida en el conjunto de test. Azul predicciones, rojo valores reales.

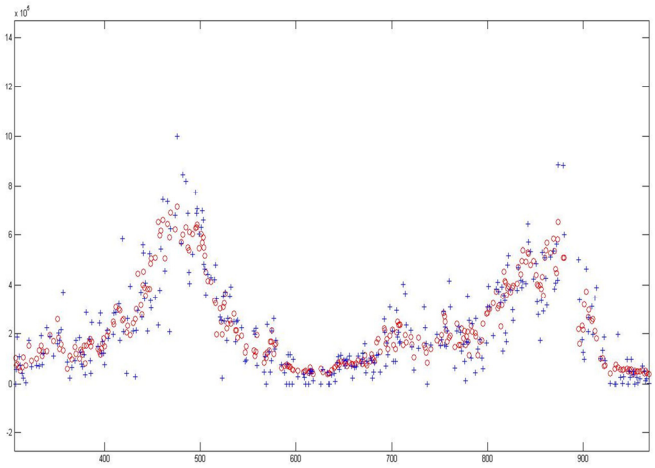


Figura 2 Ampliacion de la prediccion obtenida en el conjunto de test. Azul predicciones, rojo valores reales.

La ventana temporal autorregresiva considerada para este trabajo ha sido 7 días ya que tras un análisis mediante auto correlación la obtuvimos como valor optimo y para el horizonte de predicción hemos considerado 1 día.

n	nhidden	d	R	MSE
7	5	0,7380	0,6300	6,1478E+10
7	10	0,9268	0,8691	2,5201E+10
7	15	0,9339	0,8792	2,3351E+10
7	20	0,9307	0,8735	3,4375E+10
7	25	0,9023	0,8298	3,1900E+10
7	**30**	**0,9484**	**0,9072**	**1,8417E+10**
7	35	0,9404	0,8935	2,0664E+10
7	40	0,9355	0,8805	2,3332E+10
7	50	0,9246	0,8687	2,588E+10
	60	0,9333	0,8763	2,4406E+10
	70	0,9276	0,8672	2,5805E+10
7	80	0,8965	0,8158	4,2400E+10

Tabla1. Índices de calidad (R, d y MSE) para patrones de test (nhidden es el número de unidades en la capa oculta)

De todas las combinaciones estudiadas con la que mejores índices hemos obtenido es la se compone de 30 nhiddens, por lo tanto es la mejor configuración de Red. Los resultados de la fiabilidad del modelo podemos verlos representados en las figura 1 donde están representado toda la serie de datos desde el año 2000 hasta el año 2007 y en el caso de la figura 2 vemos ampliados los valores reales y las predicciones. En ambas figuras podemos comprobar lo bien que se ajusta nuestro modelo de predicción a los datos reales.

5. Conclusiones

Tras el análisis de los resultados obtenidos podemos tomar las siguientes conclusiones:

- Las redes neuronales pueden usarse para modelar problemas de transporte debido a su habilidad para ser entrenados usando datos históricos y su capacidad para modelar procesos no lineales.
- El ajuste demostrado en este estudio, nos abre una grandísima posibilidad de predecir con un excelente nivel de exactitud el tráfico RO-RO en días futuros. Esto sería muy útil para futuras tomas de decisiones en cuanto a previsión de inspecciones en los distintos organismos aduaneros, como para la preparación de las infraestructuras portuarias.

Referencias

[1] Chin S. M. Hwang H. L. and Pei T. (1994) Using neural network to synthesize origin-destination Row in a traffic circle. Preprints of Transport Research Board Con, Washington, DC.

[2] Kikuchi S. Nanda R. and Perincherry V. (1993) A method to estimate trip O-D patterns using a neural network approach. Tramp. Plunn. Technol. 17, 51 65.

[3]Yang H., Akiyama T. and Sasaki T. (1992) A neural network approach to the identification of real time origin destination flows from traffic counts. Proc. Int. Conf. on Artificial intelligence Applications in Transportation Engineering, San Buenaventura, CA.

[4] Celikoglu H, Cigizoglu H, "Modelling public transport trips by radial basis function neural networks", Mathematical and Computer Modelling 45 (2007) 480–489

[5] Hua J. and Faghri A. (1994) Application of artificial neural networks to IVHS. Preprints of Transport Research Board Con/:. Washington, DC.

[6] Nelson P. and Palacharla P. (1993) A neural network model for data fusion in ADVANCE. Proc. Pacific Rim Co& Seattle.

[7] Kirby H. R. Boyle R. D. and Dougherty M. S. (1993) Recognition of road traffic patterns using neural networks. Conf. on Infiwming Technologies for Construction. Civil Engineering and Transport.

[8] Hua J. and Faghri A. (1993a) Traffic mark classification using artificial neural networks. Proc. Pacific Rim Con@Seattle.

[9] Hua J. and Faghri A. (1993b) Dynamic traffic pattern classification using artificial neural networks. Transportation Research Record 1399, pp. 14-19.

[10] Faghri A. and Hua J. (1992b) Roadway seasonal classification using neural networks. Proc. Int. Conf. on Artificial Intelligence Applications in Transportation Engineering, San Buenaventura, CA.

[11] Ritchie S. G., Cheu R. L. and Recher W. W. (1992) Freeway incident detection using artificial neural networks. Proc. Int. Conf. on Artificial Intelligence Applications in Transportation Engineering, San Buenaventura, CA.

[12] Vlahogianni E, Karlaftis M*, Golias J, "Optimized and meta-optimized neural networks forshort-term traffic flow prediction: A genetic approach", Transportation Research Part C 13 (2005) 211–234

[13] Dougherty M. S. and Cobbett M. (1994) Short term inter-urban traffic forecasts using neural networks. Proc. 2nd DRIVE-II Workshop on Short-Term Forecasting, Delft. The Netherlands.

[14] Dougherty M. S., Kirby H. R. and Boyle R. D. (1994) Using neural networks to recognise predict and model traffic. Artificial Intelligence Applications to Traffic Engineering (Bielli, Ambrosino and Boero, Eds). VSP, Utrecht.

[15] Clark S. D. Dougherty M. S. and Kirby H. R. (1993) The use of neural network and time series modes for short term forecasting: a comparative study. Proc. PTRC Summer Meeting, Manchester.

[16] Kotegawa T, DeLaurentis D.A., Sengstacken A. Development of network restructuring models for improved air traffic forecasts.Transportation Research Part C 18 (2010) 937-949

[17] Veerachai Gosasang , Watcharavee Chandraprakaikul, Supaporn Kiattisin. An Application of Neural Networks for Forecasting Container Throughput at Bangkok Port. Proceedings of the World Congress on Engineering 2010 Vol I WCE 2010, June 30 - July 2, 2010, London, U.K.ISBN: 978-988-17012-9-9

[18] Karlaftis M.G., Vlahogianni E.I. Statistical methods versus neural networks in transportatioin research: Differences, similarities and some insights. Transportation Research Part C 19 (2011) 387-399

[19] Martin, M., Turias, I. J., Gonzalez, F.J., Galindo, P.L., Trujillo, F.J., Puntonet, C.G., Górriz, J.M. Prediction of CO maximum ground level concentrations in the Bay of Algeciras, Spain using artificial neural networks. CHEMOSPHERE, ISSN: 0045-6535. Vol. 70, 1190-1195 (2008).

[20] Turias, I. J., Gonzalez, F. J., Martin, M.L., Galindo, P. L. Prediction models of CO, SPM and SO2 concentrations in the Campo de Gibraltar Region, Spain: a multiple comparison strategy. ENVIRONMENTAL MONITORING AND ASSESSMENT, ISSN: 0167-6369. Vol. 143, 131-146 (2008).

[21] Muñoz, E., Martin, M.L., Jiménez-Come, M.J., Trujillo, F.J., Turias, I.J. Prediction of peak concetrations of PM10 in the area of Campo de Gibraltar (Spain) Using Classification Models. Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications, 6th International Conference SOCO 2011. Advances in Intelligent and Soft Computing, Volume 87, 203-212. DOI: 10.1007/978-3-642-19644-7. Springer (2011).

[22] Fu LM. Neural networks in computer intelligence. McGraw-Hill, Inc.; 1994.

[23] Lorentz GG. The 13th problem of Hilbert. Mathematical developments arising from Hilberts problems. American Mathematical Society. Providence (RI); 1976.

[24] Vapnik VN, Chervonenkis AYa. On the uniform convergence of relative frequencies of events to their probabilities. Theor Probab Appl 1971;16(2):264–80.

A memetic algorithm for the heterogeneous multi-compartment vehicle routing problem

Abdellah El Fallahi

ENSA of Tetouan, University Abdelmaleek Essadi,
Tetouan, Morocco, abdellah.elfallahi@uae.ma

Abstract. The heterogeneous multi-compartment vehicle routing problem (HMC-VRP) is a generalization of the traditional Vehicle Routing Problem (VRP). Each customer may order several products; the vehicles are different and have several compartments. Each compartment being devoted to one product, the capacity of each compartment is fixed. The demand of each customer for a product must be entirely delivered by one single vehicle. However, the different products required by a customer may be brought by several vehicles. The algorithm proposed to solve this problem is a memetic algorithm. The algorithm is being evaluated by modifying the classical VRP instances.

*Keywords: M*emetic algorithm, multi compartments vehicle routing problem, heterogeneous fleet of vehicles.

1. Introduction.

The Vehicle Routing Problem (VRP) is one of the most studied combinatorial optimization problems and is concerned with the optimal design of routes to be used by a Fleet of vehicles to serve a set of customers. Since it was first proposed by Dantzig and Ramser (1959) [4], Clarke and Wright (1964) [1], much of papers were devoted to the exact and approximate solution of many variants of this problem, as the Capacitated VRP (CVRP), in which a homogeneous Fleet of vehicles is available and the only considered constraint is the vehicle capacity, or the VRP with Time Windows (VRPTW), in which customers may be served within a specified time interval and the schedule of the vehicle trips should be determined as well. The most of previous works consider a vehicle with one compartment and the request of customers can be transported in the same vehicle, see for example Toth and Vigo [8].

More recently, a greater attention has been dedicated to the vehicle routing problem with several compartments (Multi-Compartment Vehicle Routing Problem or MC-VRP), El Fallahi et al [3], Muyldermans el al [5], Mendoza et al [6]. The majority of works handle the MC-VRP in which the fleet of vehicle is composed by identical vehicles. In real life we find various cases where the fleet is composed by various types of vehicles, and then we are in the case of heterogeneous fleet of vehicles with multi-compartments. The transport of alimentary products where some products must be transported in frozen temperature and others in ambient temperature is a good example to explain the need of using multi-compartment vehicle routing with heterogeneous fleet of vehicles.

In this paper we present the Heterogeneous MC-VRP (HMC-VRP) in which the fleet of vehicle is composed by different type of vehicles with various compartments of different capacities and costs. The HMC-VRP is defined on an undirected network including one depot and a set of *n* customers. The depot stores products which must be delivered to customers by a fleet of different type of vehicles with *P* compartments of limited capacities. The compartment number *p* is reserved to product *p*, *p* in{1; 2;...; *P*}. Each customer orders known amounts of one or more products. Each product required by a customer must be delivered by only one vehicle. However, the different products ordered can be brought by different vehicles. The HMC-VRP consists of determining a set of routes satisfying all requests at minimal cost. In the proposed version, the number of vehicles (fleet size) is not imposed: it is a decision variable.

The paper is organized as follows. Section 2 presents an integer linear programming model. Section 3 describes a memetic algorithm (MA) used to solve the HMC-VRP. The instances used and the results obtained are discussed in Section 4.

2. Problem formulation.

The HMC-VRP is defined on an complete undirected network with a node set $N = \{0; 1;..; n\}$ including one depot (node 0) and a set N' of n customers. Each edge (i, j) has a cost $c_{ij} = c_{ji}$ and the set of costs satisfies the triangle inequality. The depot stores a set of p products (in a broad sense). A heterogeneous fleet of vehicles is stationed at the depot and is used to supply the customers. The vehicle fleet is composed by m different vehicle types, with $\mathbf{M} = \{1; ...; m\}$. For each type k in **M**, the number of vehicles available is unlimited. The vehicles have p compartments. The compartment p of each vehicle is dedicated to product p and has a known capacity Q_{kp}. For each type k in M an additional cost F_k is associated to the vehicle use. Each customer i has a known request $q_{ip} <= \max\{Q_{kp}, k \text{ in } M\}$ for each product p possibly null for the product not ordered by the customer. In our version, the length of each route is not greater than a threshold L. Then the HMC-VRP can be formulated as presented in the figure 1.

The variables y_{jkp} are equal to 1 if the customer number j receives its request from the product p by a vehicle of type k and zero otherwise. The 0-1 binary variables x_{ijk} are equal to 1 if the customer number j is visited after the customer i in the same route by a vehicle belonging to type k The objective function is given by the sum of the cost of edges traversed by the vehicles plus the cost associated of the use of each vehicle. Constraint (2) ensures that each customer must be visited once by each vehicle, while constraint (3) guarantees that if a vehicle visit a customer must also depart from it. The constraint (4) avoids the sub-tours, and constraint (5) set y_{jkp} to zero if the customer j is not visited by none vehicle of type k. Constraints (7) and (8) respectively prevent compartment capacity and route length violations.

$$min \sum_{k\in M} F_k \sum_{j\in N'} x_{0jk} + \sum_{k\in M} \sum_{i,j\in N'} c_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

$$s.t.: \quad \sum_{i\in N} x_{ijk} <= 1 \qquad \forall j \in N', \forall k \in M \quad (2)$$

$$\sum_{i\in N} x_{ijk} = \sum_{i\in N} x_{jik} \qquad \forall j \in N', \forall k \in M \quad (3)$$

$$\sum_{i,j\in S} x_{ijk} \leq \mid S \mid \qquad \forall k \in V, \forall S \subseteq N', \mid S \mid \geq 2 \quad (4)$$

$$y_{ikp} \leq \sum_{i\in N} x_{ijk} \qquad \forall j \in N', \forall k \in M, \forall p \in P \quad (5)$$

$$\sum_{k\in V} y_{jkp} = 1 \qquad \forall j \in N', \forall p \in P \quad (6)$$

$$\sum_{j\in N'} y_{jkp} q_{jp} \leq Q_{kp} \qquad \forall p \in P, \forall k \in M \quad (7)$$

$$\sum_{i,j\in N} C_{ij} x_{ijk} \leq L \qquad \forall k \in M \quad (8)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in N, \forall j \in N, i \neq j, \forall k \in M \quad (9)$$

$$y_{jkp} \in \{0,1\} \qquad \forall j \in N', \forall k \in M, \forall p \in P, q_{jp} \neq 0 \quad (10)$$

Fig 1: HMC-VRP formulation

3. Memetic algorithm.

In this section we describe the memetic algorithm proposed to solve the HMC-VRP. A memetic algorithm (MA) is a genetic algorithm (GA) hybridized with a local search procedure used to intensify the search around the selected solutions. Here, the MA works on one single population of constant size and each new solution obtained by a new generation immediately replaces one existing solution, when a given criteria are verified. Such a GA structure is known for converging faster than generational versions, since a new best solution may reproduce immediately.

3.1. Algorithm overview

The MA encodes solutions as chromosomes without trips delimiters; the splitting algorithm proposed by Prins [7] is used to evaluate the cost of the solution. The MA algorithm begins from an initial population generated randomly. The results population is stored in ascending cost order. To ensure that the solutions in the initial population are different the flowing rule is tested, any two solutions S and T in the population must verified the rule |cost(S)-cost(T))|> Δ (1). At each iteration of the MA algorithm two solutions are randomly selected from the population and a new child-solution is obtained by the OX crossover described in the section 3.4. With the aim to improve the quality of the new solution a local search is applied to intensify the search around this solution with some probability *pr*. If the new solution improves de worst solution in the population and verified the diversification criterion (1) then it replaces one of the latest ten solutions in the population.

To avoid missing good solutions, a new solution enters in the population if improves the best one even if the criterion of diversity is not verified. The MA stops when the number of iterations, number of crossovers, exceeds a predetermined threshold *α_max* or when the number of iterations without

improving the best solution goes over a given threshold *β_max*. The general structure of the MA is given by the algorithm 1. After some experiments *α_max* is fixed on 10^6 iteration and *β_max* is fixed on 1000 iteration.

Algorithm 1 : general structure of the MA

Build the initial population Π of θ solutions (section 3.3)
Sort Π in ascending cost order
Set α ,β =0
Repeat
    α = α+1
    Select two solutions S_1 and S_2 randomly in Π
    Apply the OX crossover to S_1 and S_2 to get child C (section 3.2)
    Evaluate C with the splitting procedure
    Apply local search to C with probability p_{ls}
    If (C satisfies rule (1) and Cost(C) < Cost(Π_θ) or Cost(C) <cost (Π_1)
        Replace Π_k by C, *k* selected randomly in [θ-10, θ]
        Sort Π
        If (cost(C) <cost(Π_1)
            β =0
        Else
            β = β+1
        end if
    end if
Until β= β_max or α = α_max

3.2. Chromosome Encoding

The solutions are given by a chromosomes and its corresponding value of the trips. In this paper we have considered the encoding considered by El fallahi et al (citation), in which each customers is represented by p genes (integers) ranging from $p(i-1)+1$, its demand from the first product, and $p*i$ its request from the product number p. The following figure gives an example of chromosome with n=3, m =2 and p =2.

Chromosome:	1 5 4 3 6 2
Customers:	1 3 2 2 3 1
Products:	1 1 2 1 2 2

Fig 2: Example of chromosome encoding

To evaluate the solution corresponding to one chromosome the split algorithm proposed by Prins for the classical VRP is updated to handle the problem with various compartments. This algorithm allows us to separate the sequence of customers in trips and computes the cost of each trip.

3.3. Initial Population

The initial population is an array of k solutions. Each solution is given by the sequence of the customers and its cost computed using the splitting procedure proposed by Prins. The chromosomes, sequences of customers, are generated randomly as a permutation of the *n* customers. To avoid premature convergence, toward a local optimal, the criterion presented in rule (1) was applied to accept or reject solutions in the population.

After some experiments the size of the initial population is fixed on θ =100 solutions, for given the best average performance using five instances. The first fifteen solutions on the population are selected according to their quality and diversity from a set of 1000 solutions generated randomly, when the latest 50 solution are selected from the 950 remained solutions according to their distances to those in the population. The distance between two solutions it given by their cost difference dist(S,T) = |cost(S)-cost(T)|. So the most far solutions from the fifteen already in the population and validate the rule (1) will complete our initial population, in this way we are sure that the population contain good and diversified solutions. This property is a very good guaranty to avoid premature convergence, because the solutions are different, and the existence of good solutions helps the algorithm to reach good final solution.

3.4. Selection and crossover

After the construction of the initial population, the next phase of the algorithm tries to improve the solutions by crossing them two by two. As we have considered that the chromosomes are given by a permutation of n customers, the must and easy way to cross these chromosomes is the order crossover or OX [14]. At each crossover of the MA algorithm two solutions S1 and S2 are selected randomly from the population. After we select two cutting points *i* in {1,…, n-1} and *j* in {*i*+1,…, *n*}. The subsequence ($S_1(i)$,...,$S_1(j)$) is copied into the element C(*i*),..., C(*j*) of the new solution. Then S_2 is swept circularly from S_2(j+1) onwards to complete C with the missing customers. The following example presents an illustration of the OX crossover:

S1: 1 3 |4 5| 6 2
S2: 2 3 |4 6| 1 5
C: 3 6 |4 5| 1 2

Fig 3: Example of OX crossover

Finally, the cost of the new solution, C, is computed by the splitting procedure proposed by Prins.

3.5. Local search

It is well known that the use of the *OX* crossover only does not improve much the quality of solutions in the population. Why a local search procedure must be applied after each creation of a new solution to improve its quality. In this work we have considered a local search procedure composed by three simples heuristics algorithms. In the first time we apply the called *2-OPT* procedure. Lets *succ(i)* be the aggregate after aggregate *i* in its trip, the *2-opt* algorithm replaces two edges (*i*,*succ(i)*) and (*j*, *succ(j)*) by edges (*i*,*j*) and (*succ(i)*,*succ(j)*) if the $C_{ij} + C_{succ(i)succ(j)} < C_{isucc(i)} + C_{jsucc(j)}$. The second algorithm is the *Relocate* procedure and consists of remove one customers from its actual trip to

reinsert it in a new trip. Finally we have applied the called *1-interchange* procedure and consists of interchange two customers in the same route or in two different routes. These three procedures form our local search that is called with some probability p_{ls} after each creation of a new solution.

4. Computational Results

The results obtained by the MA are presented in table 1. This table has various columns, the first one gives the file name, and the second column gives the number of customers. The column named MA1 shows the results obtained by el fallahi et al for the MC-VRP and columns MA gives the results obtained by the proposed MA in this paper applied to the MC-VRP. The latest column MA-HCM-CVRP gives the results obtained by the MA for the HCV-VRP. The instances used to test the algorithm are obtained by modifying the well known Cristofides instances. In the first time we have divided randomly the request of each customer i into p amounts q_{i1} to q_{ip} and the capacity of each vehicle compartment is given by: in the case of two compartments and two types of vehicles for the first type of vehicles $Q_{11} = \max(q_{i1}, i \text{ in } N')$ and $Q_{12} = \max(q_{i2}, i \text{ in } N')$ and for the second types of vehicles $Q_{21} = average(q_{i1}, i \text{ in } N')$ and $Q_{22} = average(q_{i2}, i \text{ in } N')$.

File	N	MA1	MA
vrpnc1	50	558.8	570.56
vrpnc2	75	888.6	881.06
vrpnc3	100	878.4	897.15
vrpnc4	150	1089.1	1090.45
vrpnc5	199	1408.5	1406.13

5. Conclusions

In this paper we have studied the HMC-VRP not yet studied in spite it real importance. A memetic Algorithm is proposed to solve the studied problem. As no published methods and no instances are available to be compared with our results we have applied our algorithm to the MC-VRP with homogeneous fleet of vehicles to compare our results with those obtained by el fallahi et al [3]. Table 1 shows that the results obtained by the MA are very close to those obtained by El Fallahi et al [3].

References

[1] Clarke G, Wright JW. ‘’Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points’’. Operations Research 1964; 12:568–581.

[2] Croes GA. ‘’A method for solving traveling salesman problems’’. Operations Research, 1958; 6, pp. 791-812

[3] El Fallahi A., Prinns C. And Wolfler R., “A memetic algorithm and tabu serach for the multi-compartment vehicle routing problem”, Computers & operations research, Computers & OR, 2008, 35(5), pp.1725-1741.

[4] Dantzig and Ramser J.H. The truck dispatching problem. *Management Science*, 6(1), 1959, pp. 80-91, 1959

[5] Muyldermans L., Pang G., “A guided local search procedure for the multi-compartment capacitated arc routing problem”, computers & operations research 20101, 37, pp.1662-1673.

[6] Mendoza J.E, Castanier B., Guéret C., Medaglia A.L., N. Velasco, "A memetic algorithm for the multi-compartment vehicle routing problem with stochastic demands", Computers & operations research 2010, 37, pp. 1886-1898.

[7] Prins C., A simple and effective evolutionary algorithm for the Vehicle Routing Problem. Computers and Operations Research 2004; 31(12), pp. 1985–2002.

[8] Toth P, Vigo D, The Vehicle Routing Problem. SIAM monographs on discrete mathematics and application, Philadelphia 2002.

Aplicación de redes neuronales para la predicción de la movilidad entre zonas de transporte. Estudio en el Campo de Gibraltar.

Pedro J. Rodríguez Rueda [1] and Ignacio J. Turias Domínguez [2]

[1] Consorcio de Transporte del Campo de Gibraltar. Avd. Blas Infante, Edif. Plaza Andalucía, planta 2ª, oficina 3C. 11201 Algeciras (Cádiz, España). pejuroru@gmail.com

[2] Departamento de Lenguajes y Sistemas Informático, Universidad de Cádiz, Avenida Ramón Puyol, s/n11202, Algeciras (Cádiz, España), ignacio.turias@uca.es

Abstract. As time goes by, mobility problems in cities are getting worse and worse. Therefore, it is essential to optimize infrastructure and public transport. To achieve this goal, it is need to make an estimate of travellers' demands. An alternative method, based on neuronal networks, is analyzed in this report as opposed to traditional prediction mechanisms. The aim is to obtain an estimation procedure using simple, economical input variables which are easy to find. Unlike traditional models, the new alternative model is more sensitive to small variations of input data.

The results are highly promising and enable us to continue analyzing the problem with more data

Keywords: RNTP

1. Introducción.

Los problemas de movilidad son cada vez más abundantes debido al desarrollo tecnológico de la humanidad, este gran desarrollo viene de la mano con un incremento del parque automotovilístico de las ciudades, las cuales se ven cada vez más congestionadas. Esta situación propicia excesivos tiempos de viaje, encarecimiento de mercancías, contaminación, congestionamientos, accidentes de tráfico y demandas excesivas de infraestructura para el transporte privado [1] y [2].

Los temas relacionados con la contaminación atmosférica están de actualidad. Es habitual observar en los trabajos de ciencias medioambientales las advertencias sobre los daños en la salud de la población que causan niveles inaceptables de contaminación. Por ello, el estudio de todo lo relativo a dicho área resulta altamente sensible a la opinión pública y a la imagen saludable de sus ciudades.

La medición de la movilidad es un dato costoso de obtener, siendo incluso necesario utilizar encuestas para su estimación en todos los modos (a pie, en vehículo privado, público, etc.), además de ser poco fiable. Por tanto, es necesario utilizar métodos que estimen la demanda a partir de variables más fiables y económicas de obtener, reduciéndose las encuestas a núcleos muy extensos para medir la fiabilidad de la estimación. Desde la década de los 60 se han venido utilizando métodos convencionales de predicción a partir de variable más económicas y fáciles de obtener: renta, índice de motorización, población, etc. [3] y [4]. Aún se siguen estudiando estos métodos, principalmente para buscar soluciones más fáciles y útiles de manejar [5].

Especial importancia tiene la comarca del Campo de Gibraltar, donde en los últimos años se ha comenzado a tener problemas de aglomeración que requieren un uso más eficiente del transporte y las vías, así como su proyección en el futuro [6] y [7].

Las Redes Neuronales Artificiales (RNAs) son una técnica de reciente aplicación consistente en un proceso computacional de entrenamiento que predice unos resultados a partir de unos datos de entrada y que se muestran con gran potencial también en el ámbito de la ingeniería del transporte [8]. El resultado es averiguar los pesos de las variables de entrada de tal manera que la combinación lineal de estas de como resultados las variables de salida.

Se han realizado algunos estudios aplicados al transporte [9] dependiendo del modo de viaje, variables de entradas y del ámbito geográfico, ninguno relacionados con la predicción de la demanda de viajeros para el diseño de la red de transporte en el Campo de Gibraltar.

2. Desarrollo del problema.

Las Redes Neuronales Artificiales (RNAs) son una técnica de reciente aplicación consistente en un proceso computacional de entrenamiento que predice unos resultados a partir de unos datos de entrada, y que se muestran con gran potencial también en el ámbito de la ingeniería del transporte. El resultado es averiguar los pesos de las variables de entrada de tal manera que la combinación lineal de estas de como resultados las variables de salida.

2.1. Etapa inicial. Recogida de Información.

Con los modelos de transporte pretendemos explicar cómo se produce la demanda de transporte en todos y cada uno de los aspectos del proceso, un dato básico es conocer ésta con la mayor exactitud posible y las variables que la pueden explicar. Esto lleva consigo una amplia recogida de información, en cada uno de los aspectos de demanda, oferta y variables explicativas. La movilidad se mide mediante los siguientes medios:

A) Encuestas:

Encuestas Domiciliarias: Se recoge información sobre los viajes que han realizado los miembros de la familia investigada durante un día determinado: motivo del viaje, modos de transporte utilizados, coste del viaje, etc. Asimismo, se suele recoger información sobre las características y composición de la familia, lugares de trabajo y estudio, posesión de vehículo, nivel de renta, etc.

Encuestas Origen-Destino: Se realizan para un modo determinado, y a los usuarios que se desplazan en ese momento: Encuestas de cordón o pantalla a vehículos, encuestas origen-destino en modos de transporte público (autobús - metro - ferrocarril, etc.) a usuarios de éstos, aforos de vehículos que cruzan un cierto punto. conteos de viajeros subidos y bajados por parada y línea, conteo de vehículos que realizan un cierto movimiento, etc.

B) Recogida de información sobre oferta de transporte. Caracterizar la oferta de transporte como dato básico para su modelización. Se apoyará en: inventario de redes, características físicas y geométricas de redes viarias. Itinerarios, paradas y frecuencias de servicio en redes de transporte público y mediciones de velocidad y/o tiempo de recorrido.

C) Recogida de información sobre datos socioeconómicos. Recoger información para el posterior ajuste de modelos de generación y atracción. Por ejemplo: población por sexo y edad, población activa por actividad, empleo por actividad, dotaciones escolares según niveles, dotaciones médico-hospitalarias: número de médicos, camas hospitalarias, dotaciones comerciales (establecimientos comerciales, m² de venta en comercios de grandes superficies, etc.), características y dimensiones de

grandes centros generadores y atractores de tráfico (aeropuertos, recintos feriales, polígonos industriales, centros de transporte, etc.) y nivel de motorización/nivel de renta.

2.2. Delimitación del área de Estudio. Zonificación.

Todo el proceso de planificación del transporte tiene una referencia espacial, donde se localizan las infraestructuras o los servicios que se planifican. Por ello, el proceso de planificación tiene una tarea previa que es la delimitación del área de estudio y su zonificación.

El objetivo de la zonificación es configurar una base espacial para referencia de los flujos de viajes y de las variables explicativas a utilizar, en el proceso de modelización.

Criterios para la zonificación:

Cada zona se denomina zona de transporte y se han de seguir los siguientes criterios para su zonificación:

- Criterios de homogeneidad:
  - Similitud del tamaño poblacional de cada zona, que sólo ha sido alterado en determinados casos por razones muy concretas, en especial al individualizar determinadas zonas singulares con carácter especial (zonas aisladas, zonas turísticas, industriales, entidades con menor población, sectores en los que se concentran actuaciones importantes y, con un nivel de población menor).
  - Homogeneidad urbanística, en cuanto a calificación y usos del suelo según el planeamiento urbanístico.
  - Homogeneidad de la población en cuanto a características socioeconómicas.
- Criterios de agregación. La zonificación adoptada respeta el seccionamiento censal, se utiliza la sección censal como unidad mínima de población. Cada zona de transporte se ha formado por agregaciones de secciones -que no tiene porqué pertenecer al mismo distrito censal- y nunca una misma sección se incluye en más de una zona de transporte ni quedado excluida.
- Criterios de accesibilidad al sistema de transporte. Se busca la similitud de acceso dentro de cada zona a los ejes viarios básicos, a la red de transporte público colectivo y a los nodos o puntos de concentración de paradas e intercambio, de manera que la accesibilidad al sistema de transporte sea lo más homogénea posible en cada zona de transporte.
- Criterios de límites reconocibles. Tanto para facilitar la identificación en el terreno como porque, en numerosos casos, constituyen barreras físicas que imposibilitan, o encauzan, la movilidad: cauces fluviales, líneas ferroviarias, autopistas, etc.

Adicionalmente a estas zonas, se han de considerar un conjunto de zonas sin población que abarcas áreas destacadas de atracción de viajes aunque no lo produzcan, son las llamadas zonas de destino. Incluyen zonas industriales, de equipamientos y servicios, así como elementos singulares como estaciones de ferrocarril, autobús, etc.

El objeto básico de las encuestas es obtener la matriz de movilidad de la demanda de transporte entre cada par de zonas consideradas en la zonificación.

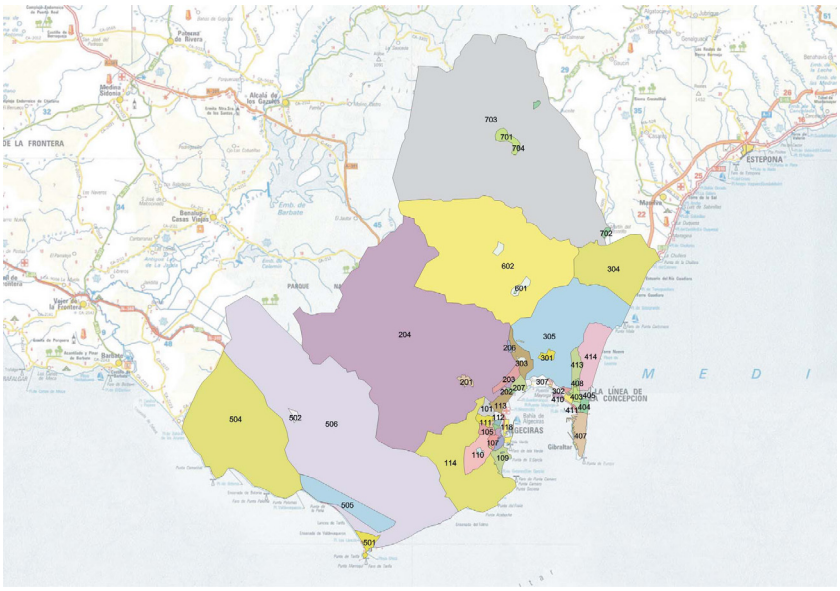


Figura 1. Zonificación Comarca Campo Gibraltar. Fuente: Avance del Plan de Transportes para la Comarca del Campo de Gibraltar.

2.3. Modelos tradicionales de demanda de transporte.

Con los modelos de transporte se trata de explicar cómo se produce la demanda actual, en general a través de expresiones en forma matemática, en las que se apoyará la prognosis de la demanda futura.

En el método clásico de modelos de transporte se considera que el usuario realiza una serie de decisiones sucesivas y, por tanto, independientes unas de otras: elige viajar o no, elige su destino, elige el medio de transporte y elige el itinerario. Así, por ejemplo el modelo directo, ecuación (1), (2) y (3):

$$N_{ij}^{m} = f(VS_i^k, VS_j^k, CT_{i-j}^{m}, CT_{i-j}^{n}) \quad (1)$$

Donde

N_{ij}^{m} Viajes entre i y j en el modo m.

VS_j^k j, k = 1, 2,..., n, Variables socioeconómicas expresivas de la actividad económica en las zonas i y j.

CT_{i-j}^{m} Costes de transporte en el modo m entre i y j.

CT_{i-j}^{n} Costes de transportes, n≠m, en el resto de los modos entre i y j.

Un modelo simplificado de este tipo, referido a movilidad por carretera, es:

$$N_{ij} = k\frac{(P_i \cdot P_j)^{\alpha}}{C_{ij}^{\beta}} \quad (2)$$

N_{ij} Viajes por carretera entre i y j.

P_i y P_j Parque en las zonas i y j.

C_{ij} Coste de transporte entre i y j (Distancia, Tiempo o Coste)

k, α y β constantes a ajustar por regresión lineal, transformación lineal

$$\ln N_{ij} = \ln K + \alpha \cdot \ln(P_i \cdot P_j) - \beta \cdot \ln C_{ij} \quad (3)$$

2.4. Hipótesis planteadas

La principal hipótesis es el diseño e implantación de métodos para la predicción y estimación de la demanda de viajeros mediante redes neuronales artificiales. Estos métodos exigen la minimización del problema, evitando el sobredimensionamiento de la red, de tal manera que será necesario estudiar inicialmente las variables utilizadas de tal manera que se garantizan un número suficiente para dar respuesta a todos los casos, o al menos a los más comunes; pero sin redundancia de datos que impidan el comportamiento eficaz de las redes. Así, por ejemplo, habrá que normalizar la red, evitando las variables dependientes.

La metodología y plan de trabajo presentado se fundamenta en el planteamiento de las siguientes hipótesis:

1) Análisis de las variables de entrada, evitando las variables que sean dependientes, permitirán, reducir la dimensionalidad del sistema y detectar la influencia de las variables más significativas sobre los modelos de predicción. Igualmente se estudia el comportamiento de las variables con menor influencia en el problema.
2) Se compararán modelos clásicos de predicción (con modelos basados en redes neuronales). Mediante el uso de modelos neuronales se mejorarán los resultados de predicción en comparación a los obtenidos mediante métodos clásicos, ya que las herramientas clásicas de predicción sólo muestran buenos resultados para situaciones determinadas, siendo incapaces de adaptarse generalmente a cambios de las variables de entradas, en cambio los modelos neuronales recurren a la operación de un número de pequeñas unidades de cómputo interconectadas que adaptan su funcionamiento a los datos de entrada mediante ciertas reglas de aprendizaje, y que en su conjunto muestran un comportamiento no lineal y con mayor capacidad de generalización. Una red neuronal es capaz de modelar cualquier correspondencia no lineal entre entradas y salidas.
3) La utilización de un procedimiento de remuestreo aleatorio permitirá asegurar la precisión de los resultados y la certeza de que cada modelo seleccionado es el más adecuado, eliminando las posibles fuentes de variación, de forma que la independencia y la aleatoriedad de los datos estén garantizados. De esta forma, encontraremos la red que permita modelar el sistema.
4) El empleo de técnicas de comparación múltiple conllevará a una selección de los mejores modelos estudiados, desde un punto de vista estadístico, tanto para predicción cuantitativa como para la predicción de episodios.
5) Introducción de "ruidos" en el sistema para comprobar el comportamiento frente a estos, analizando la bondad del método.

2.5. Metodología utilizada para contrastar las hipótesis

Se aplicarán distintos procedimientos para contrastar las hipótesis:

1) Se analizará el comportamiento del método redes neuronales frente a los datos reales. Para ello se dispone de la encuesta de movilidad en día laborable medio en el Campo de Gibraltar de 1995 y en el área de Málaga de 2001.
2) Se generarán datos de entradas ficticios a partir de los métodos tradicionales para estudiar los resultados que se producen con redes neuronales artificiales.

3) Se analizarán los resultados tanto de los métodos tradicionales como con redes neuronales artificiales mediante procedimientos estadísticos (coeficiente de correlación, método de los mínimos cuadrados, varianza, error cuadrático medio y absoluto, etc.).

2.6. Procedimiento

Se procede al entrenamiento mediante el programa informático Matlab y la función de entrenamiento *Levenberg –Marquardt* intentando encontrar las condiciones que mejor explican el problema. Se empieza con todas las variables de las que se dispone en la Encuesta Domiciliaria del Campo de Gibraltar [6] y se observa su comportamiento frente a diferentes condiciones de parada del entrenamiento, por ejemplo al alcanzar los valores estimados un cierto error frente a los reales o un número máximo de iteraciones. Como estos resultados producen elevados errores se procede a:

Normalizar los valores de entrada, pues estas redes trabajan mejor con los valores referenciados en las mismas proporciones. Además se calculan los valores y direcciones principales para descartar los demás y no producir un sobreentrenamiento de la red, que producen resultados no deseados. Este proceso mejora los resultados iniciales pero aún producen grandes errores, presumiblemente por la escasez de datos de inicio. Se procede a entrenar con nuevos valores, procedentes de la Encuesta Domiciliaria en el área de Málaga [7], llegándose a resultados con errores muy reducidos.

Para cada estado anterior se expone una tabla donde se aprecian las iteraciones producidas, el error cuadrático medio y el coeficiente de regresión.

3. Conclusiones.

Para finalizar este estudio se pueden definir las siguientes conclusiones:

- Con los datos disponibles se llega a algunas redes que ajustan bien el problema, tanto en el entrenamiento como en el test. Aunque la regla general es que no se ajustan bien para los valores de test.
- A mayor número de variables de salida, más iteraciones y más neuronas mejor se ajustan los resultados, aunque lejos de un factor de regresión cercano a la unidad.
- El problema se comporta con una sensibilidad razonable, puesto que variaciones en la población proporcionan resultados de movilidad coherentes.

Así, se han conseguido llegar a modelos de redes neuronales con resultados buenos, si bien se aprecia una importante componente de aleatoriedad, debido probablemente a la escasez de datos. Son necesarios más datos para conseguir representar todas las condiciones de movilidad, de tal manera que al valorar un dato no entrenado previamente proporcione un resultado con error aceptable.

Agradecimientos.

Este estudio forma parte del trabajo de investigación del Doctorado en Ingeniería Industrial de la Universidad de Cádiz. Agradecimiento al tutor del trabajo, Ignacio Turias, por el aporte de dedicación y conocimiento.

Referencias.

[1] A. Clara Zamorano, B. Joan M. Bigas y C. Julián Sastre. Manual para la Planificación, Financiación e Implantación de Sistemas de Transporte Urbano. Editorial: Ediciones Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 2004

[2] A. Comisión de Transportes del CICCP. Libro Verde de Intermodalidad. Editorial: Ediciones Colegio de Caminos, Canales y Puertos. Madrid. 2005

[3] A. Juan de Dios Ortúzar y B. Luis G. Willumsen. Modelos de Transporte. Editorial: Ediciones de la Universidad de Cantabria. Cantabria, 2008.

[4] A. J. de D. Ortuzar y B. L.G. Williamsen. Modelling Tranport.. Editorial John Willey & Sons. 1990.

[5] A. Christian Muñoz Monge, B. Eva María Ramos Ábalos, C. Rocío de Oña López y D. Juan de Oña López (Universidad de Granada).Modelo simplificado para estimar la demanda de viajeros en los servicios de un corredor de transporte público. Paper internacional, IX Congreso Internacional del Transporte. Madrid 2010.

[6] A. Consejería de Obras Públicas y Transportes y B. EPYSA Estudio Movilidad en día Laborable en el Campo de Gibraltar. Sevilla, 1995.

[7] A. Tema-Grupo Consultor S.A y B. Pereda 4 Estudio. Estudio Sobre Movilidad y Modelización de la Demanda de Transporte en la Ciudad de Málaga. Encuesta Domiciliaria de Movilidad en Día Laborable en la Ciudad de Málaga. Málaga, 2001.

[8] A.Bishop. Neural Networks for Pattern Recognition 2008. Editorial Oxford University Press. Oxford 2008.

[9] A. José Antonio Moscoso López, B. Ángel Luís Duarte Sastre, C. María del Mar Cerbán Jiménez y D. Ignacio J. Turias Domínguez (Universidad de Cádiz). Metodología predicción para problemas de transporte usando redes neuronales artificiales.. Paper internacional, IX Congreso Internacional del Transporte.. Madrid 2010.

Logistics Management: Signal Localization approaches for Port-Trucks Localization

O. chakkor[1], Md.Reda.Chakkor[2], Md.Essaadi[3], Carlos G. Puntonet[4]

[1] Resp. Machine Learning for Signal Processing-Unit, University of Abdelmalek Essaadi, Morocco

[2] DESA Naval y Industrial, s.a.r.l, Morocco

[3]Faculty of Sciences , University of Abdelmalek Essaadi, Morocco

[4]Dep. Architecture and Technologies of Computers, University of Granada, Spain

otman.chakkor@uae.ma

Abstract. In past two decades, there has been a tremendous increase in development of signal localization techniques, from triangulation method where the location is determined using triangle geometry, estimating position based on the RSSI measurement to deployment of RFID system. In this paper, we give an overview of all this techniques, and the appropriate signal localization approaches for port trucks application.

Keywords: Signal localization, Gaussian Processes, TOA: time of arrival, AOA: angle of Arrivals, TDOA: time-difference of arrival, particle filter, RFID.

1. Introduction

Localization is important for providing better and more efficient context aware services. For instance, knowledge of its own location within a grocery store, a mobile computing device can enhance shopping experiences by navigating and guiding users throughout the store, a device like a cell phone can identify that its location is inside a conference room and it can divert incoming calls to the user's voice mail. In this paper, we are interested in the real time tracking of port trucks.

The problem of signal localization is not new and several approaches such as time-difference of-arrival[1, 2](TDOA), time-of-arrival[3, 4](TOA), and angle-of-arrival[3], [4](AOA) have long been used to find the position of the radio source. More recently, multi-agent cooperative localization[5–8] approaches have been developed for aerospace and robotics applications.

In this paper, we present an overview of signal localization techniques: localization approach using passive RFID readers and tags, a WiFi localization algorithm that generates WiFi maps using Gaussian process regression, and then estimates the global position of a trucks in a port using a particle filter and the location fingerprinting (LF) method using a training dataset of received signal strength (RSS) at different location to track the port trucks.
Many localization schemes have been proposed in the literature. In general, they can be classified into two categories, range-based and range-free. The range-based techniques depend on the range

information. The range information can be obtained by different methods such as TOA [4], TDOA [5], AOA [6] or RSSI [7]. There are also systems based on range.
RADAR [7] is a user tracking system
There are many available approaches for vehicle localization including using GPS, artificial or natural landmarks, and visual maps. However, many of these approaches require expensive equipment or considerable effort in sensor processing or environment modeling. In contrast, WiFi devices are cheap, lightweight, and relatively low-power [8], and WiFi access points are becoming increasingly ubiquitous in many of the environments robots operate in (offices, schools, industrial work-sites). A WiFi localizer can be an integral part of a robust navigation system as it has several advantages.

- It is an efficient method for global localization since access points are uniquely identifiable.
- WiFi can be used to localize both indoors and outdoors;
- No modifications to the environment are required, instead relying on the existing infrastructure;
- Completely passive localization is possible by "sniffing" wireless traffic; and
- WiFi signals do not require line-of-sight. As such, they can be used even in the presence of obstructions that would block laser range-finders or cameras.

The main problem that present the localization systems based in WiFi with radio map is the manual generation of the map. The accuracy of such systems usually depends on meticulous calibration procedure that consists of physically moving a wireless client (port truck) to many different known locations in the port, and sometimes orientations inside the port.

For the different ways of estimating location information for port-truck, we have to name parameters to distinguish the similarities and differences between different approaches. In next sections we present the most typical techniques.

2. Radio signal strength (RSS)

This method is an attractive property in wireless networks since it can be obtained without requiring additional hardware. Based on various signal propagation models that describe the relationship between RSS and transmitter-receiver (T-R) separation distance, RSS has been widely used for localization in sensor networks and 802.1x-based wireless networks. However, the ideal propagation models, in which RSS is only determined by T-R separation distance, are far from reality.

Approaches that use RSSI measurements can be broadly divided into two categories: fingerprinting and RSSI-based position estimation. Fingerprinting 9–11 profiles the signal behavior throughout the environment using large number of signal samples during training phase. This approach is used in wireless networking to help mobile devices infer their own position by comparing their current signal fingerprint to the training samples. In contrast, techniques that use RSSI-based position estimation first learn the signal propagation model of the environment using signal samples12, 13 and then use the model to infer the position of the transmitter using the RSSI measurement. Thus, techniques in both these categories require training samples to perform calibration prior to the localization phase. However, in robotics applications where the target is unknown there may be no opportunity to perform

calibration. In such circumstances, it is important to design a RF localization approach that does not require any a priori information about the operating environment.

3. Gaussian Processes

Over the last years, the use of wireless signal strength information to localize mobile devices or robots has gained significant interest in several research communities. This is mainly due to the increasing availability of 802.11 WiFi networks and the importance of location information for applications such as activity recognition, surveillance, and context-aware computing.

Gaussian processes offer many advantages that make them suited for a localization system that utilizes WiFi signal strength . Firstly, they are non-parametric, so a model that can correctly fit the data is not required . Because GPs place a prior over the distribution of functions, many highly non-linear models can emerge from GP regression. Secondly, they are continuous. Training data does not need to be gathered at regularly spaced intervals, nor does the environment necessarily need to be discretized during localization. Training data can come from arbitrary points, and predictions can be generated for any point in the environment. Furthermore, the predictions will use a maximal amount of the training information, as opposed to a small number neighbors. Thirdly, GPs correctly handle uncertainty in both the process and the estimation. This is especially useful because WiFi signal strength measurements are very noisy due to various phenomena such as diffraction, scattering, reflection, and absorption.

A Gaussian process essentially defines a probability distribution over functions. We wish to generate a function f(x) that makes predictions for all possible inputs x. We use a training data set $D = \{(x_i, y_i) | i = 1 \ldots n\}$ consisting of n observations in Rd drawn from a noisy process $y_i = f(x_i) + \varepsilon$, where ε is additive Gaussian noise with zero mean and variance σ2 n. For notational simplicity, the inputs of the training set are grouped into a d × n matrix X, and the observations y_i are grouped into a vector y.

4 . Radio frequency identification (RFID)

This based-method localization systems provide a unique approach to localize mobile entities equipped with RFID readers or tagged with RFID tags. UHF RFID systems using passive tags are a good choice considering their cost, reading range, and reliability. With global acceptance and deployment of UHF RFID systems using passive tags for tracking and identification, virtually everything around us can be tagged with small and low-cost passive RFID tags. There are different types of RFID tags and choosing the right one depends on different factors such as a cost, range of communication, information to be stored in the tag.

An RFID tag consist of two main parts: the microchip and antenna. The microchip contains: Memory which stores unique identification code of the tag along with other information and Logic which is used to receive signal from the reader and construct signal to transmit back to reader with information on the tag, and finally the Power circuits that stores and supply energy to circuits.

The RFID reader is a device that will interrogate the tag. Interrogation is a process of transmitting RF energy and receiving the identification code and other information from the tag. Every RFID tag have unique identification number. When these tags are activated by radio wave transmitted by reader in the

area, it would transmit its unique identification number to the reader. The unique identification number along with the information of location of port track with RFID tag.

The localization of tag (port-track) in the coordinate system is obtained by triangulation algorithm.

5. Conclusion and Future Work

In this survey paper we presented different methods to implement for port-truck localization and the main parameters that a system designer has to take into account in order to choose an appropriate signal localization algorithm.

References

[1] Lucas Parra and Craig Fancourt, An Adaptive Beamforming Perspective on Convolutive Blind Source Separation, CRC Press LLC, 2002, Book chapter in: Noise Reduction in Speech Applications, Ed. Gillian Davis.

[2] K. Torkkola, "Blind separation of convolved sources based on information maximization," in IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing, Kyoto, Japan, September 4-6 1996, pp. 423–432.

[4] M. McGuire, K. N. Plataniotis, and A. N. Venetsanopoulos, "Location of mobile terminals using time measurements and survey points", IEEE Trans. Vehicular Technology, vol.52, no.4, Jul.2003, pp. 999-1011.

[5] Andreas Savvides, Chih-Chieh Han and Mani B. Strivastava, "Dynamic fine-grained localization ad-hoc networks of sensors", in Proc. of the Seventh Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2001), Rome, Italy, July.2001,pp.166-179.

[6] Dragos Niculescu and Badri Nath, "Ad hoc positioning system (APS) using AOA", in Proc. INFOCOM 2003, vol.22, no. 1, Mar. 2003, pp.1734-1743.

[7] P. Bahl , and V.N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system", INFOCOM 2000.Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings of the IEEE, vo1.2, 3.2000, pp. 775-784.

[8] A. Howard, S. Siddiqi, and G. S. Sukhatme, "An experimental study of localization using wireless ethernet," in Proc. of International Conf. on Field and Service Robotics, July 2003.

[9] Bahl, P. and Padmanabhan, V., "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," IEEE infocom,Vol. 2, Citeseer, 2000, pp. 775–784.

[11]Ladd, A., Bekris, K., Rudys, A., Kavraki, L., and Wallach, D., "Robotics-based location sensing using wireless ethernet," Wireless Networks, Vol. 11, No. 1, 2005, pp. 189–204.

[12] Felix Duvallet Ashley D. Tews,WiFi Position Estimation in Industrial Environments Using Gaussian Processes

Error para entorno – El cómo los errores pueden ser una tecnología para el desarrollo.

Francisco García Triviño

[1] Departamento de Proyectos Arquitectónicos, Universidad Politécnica de Madrid, Avenida Juan de Herrera, 4, Madrid, España, admin@dpa-etsam.com
[2] Francisco García Triviño, Madrid, España, fagtrivino@gmail.com

Abstract.

In a research scene, where everyone tries to advance, mistakes are considered as an embarrassing and hidden situation that is only being developed in the laboratories, shielded from all visibility. This does not seem to happen in other areas of knowledge, like the industrial production (where it is called "opportunity") or the software industry (where it is called "Beta Version"), where errors are useful tools for development and innovation. With this presentation I will try to expose a kind of organization about the error, through which we can understand, register, and read the error like a common concept in knowledge.

Keywords: error, atlas, topología.

1-El error como instrumento para el desarrollo, introducción.

Para la siguiente ponencia se atiende al error como aquello que proviene de un fallo, una contradicción, una equivocación, un accidente, un ruido, una confusión, un desvío, un embrolle, una versión beta, una mutación, un defecto… es decir todo aquello imprevisible que se escapa de nuestro alcance, pero no al error entendido como un malentendido, un gazapo, un desliz, un tropezón, un despiste, un traspié, un lapsus, un descuido … es decir todo aquello resultado de una falta de comunicación, en definitiva un malentendido.

Estas coordenadas nos sitúan sobre una temática genérica y común a todas las investigaciones, el error, casi nunca es tratado como un solo tema transversal a todos los lugares de donde surge, es un suceso constante y despreciado por vergüenza, imprevisible pero imprescindible en el avance de nuestras sociedades, que al no poseer su propia historia presenta una gran inaccesibilidad a el mismo.

Es de esta necesidad como surge la ponencia, generar un modus operandi lo suficientemente genérico para reconocer desde las distintas perspectivas que ofrece, los diversos y comunes patrones de comportamiento y propiedades donde se desenvuelve.

2- Influencia del concepto cultural.

En nuestra cultura, solemos asumir el error como algo vergonzoso, como un resultado ajeno a nuestra consciente autoría. Normalmente tendemos a querer desentendernos de él, pues se suele asociar a que ha sido el resultado de un accidente involuntario. Un acontecimiento que realmente no tendría que haber sucedido.

Arrastrado por esta situación cultural, el entorno científico en donde nos movemos se ve obligado a referenciar a conceptos aparentemente coherentes que no muestran fisuras en su desarrollo. Aplaudimos discursos cerrados y efectivos, mientas que solemos desvalorar las parcialidades o incoherencias en los procesos.

Investigamos-estudiamos sobre conceptos, recorridos, historias, objetos o mecanismos, que han sumado aclaraciones o interpretaciones a la historia, es decir exploramos sobre aciertos, o incluso sobre ejemplos paradigmáticos imposibles de alcanzar, pero no sobre ejemplos imperfectos, inacabados, erróneos o falsos.

La comunidad científica valora, expone, y publica grandes aciertos, lógicas coherentes y de ahí que no nos preocupemos por mostrar nuestros fallos, sino al contrario, sólo mostrar la parte más acertada, la más premiada. Por lo que aunque publiquemos nuestros avances, ocultamos nuestros errores, que solo son rastreados bajo el espíritu de la desconfianza y no de la pedagogía.

Ha llegado el momento donde la sociedad del éxito ha controlado a la sociedad científica que ha avanzado gracias al fallo.

3- El error como instrumento en otras disciplinas:

Al contrario que ocurre en la cultura y en la mayoría de las ingenierías o en arquitectura, la incorporación del error en puntuales disciplinas no es un hecho aislado, sino un conocimiento al que se destina numerosos esfuerzos para hallar sus diversas naturalezas. Ejemplo de ello son;

- El error en la Psicología, la Fiabilidad.

James Reason, especialista en fiabilidad humana, llega a afirmar que no existe ni se tiene previsto que haya una clasificación universal de los tipos de errores, ello no evita que después de un estudio del cómo se lleva a cabo “el error”, termine haciendo una atendiendo a unas preguntas. ¿Se basaron las acciones en alguna intención previa?, ¿se desarrollaron las acciones conforme a lo planificado?, ¿lograron el fin deseado?

Usando estas cuestiones llega a desarrollar un algoritmo para distinguir las variedades de comportamiento intencional. Así su clasificación va desde el existo de la acción, a una acción intencional pero equivocada, una acción no intencional (desliz o lapsus), una acción espontánea o subsidiaria, y una acción involuntaria o no intencional.

Aunque la intención de Reason es generar una "ciencia del error" desde un punto de vista científico y riguroso, el estudio pormenorizado de cada una de sus definiciones ponen en duda la clasificación y su posible incorporación atendiendo a nuevas atenciones. Cada acción de fallo es difícil que se deba a un sólo nivel de funcionamiento, por lo que es difícil que esta propuesta organizativa del error tenga validez en otros campos.

- El error en la Producción Industrial.

Guy Benveniste, especialista en producción industrial define cuatro tipos de error en la industria: marginales, comunes, de articulación y de control.

Un error marginal es totalmente circunstancial, el fallo de una o varias excepciones.
Los errores marginales se toleran siempre que no se repitan muy a menudo. Los errores comunes aparecen cuando un tercero crea obstáculos en un proceso industrial mediante legalidades o regulaciones.
Un error de articulación es "la ausencia total de concordancia entre lo que se desea y lo que se ofrece" Se diferencia de un error marginal en que no es aislado ni circunstancial, sino que se produce en grandes cantidades. Es un error que incluso se produce masivamente.

...Los errores de control uno de los más interesantes de Benveniste, tienen que ver con el éxito de las compañías a la hora de vender o forzar la aceptación de productos no deseados. La compañía niega u ocultar el hecho de que el producto es inadecuado y oculta secretos al público y a la propia compañía. Es decir, por ejemplo negará las propiedades adictivas del tabaco o las estadísticas de accidentes relacionados con los neumáticos de vehículos deportivos, asumiendo que los problemas son tan sólo errores de articulación o problemas aislados. La compañía intentará evitar su responsabilidad confiando en que el error no será detectado. Cuando los consumidores se den cuenta y comiencen a protestar a la compañía, el producto se rechazará finalmente y se convertirá en un error de articulación...

- El error en la Producción musical.

Hay muchos tipos de "errores" de audio digital. A veces resultan ruidos horribles, mientras que otras veces pueden producir maravillosas texturas de sonido.

Cuando el experimentador sónico alemán, Oval, comenzó a hacer música a principios de los '90, pintando pequeñas imágenes en la superficie de sus CD's para que se produjeran saltos, él estaba utilizando en su trabajo un aspecto del "error" que reveló una capa de subtexto encajado en el compact disc[1].

- El error en los entornos informáticos. Lo Beta.

En el entorno software el error es aceptado de forma parecida a la producción, se manifiesta y se asume como un valor más en los productos que se generan. Las llamadas "versiones Beta" son versiones que acumulan errores y que sin el deseado resultado final se lanzan al mercado en busca de

1 Cascone, Kim. Las Estéticas del Error:

"Betatesters". Hoy día este "sistema" cada vez se prolonga más y los software en "versión Beta" pueden durar años en el mercado hasta que finalmente se estabilizan durante quizás menos años de los que han estado de prueba.

De los distintos campos de conocimiento expuestos, lo que resulta más interesante de estas investigaciones es tanto la dificultad de clasificarlos, como la capacidad oculta que tiene el error de poder generar otras realidades. Tanto la de generar acontecimientos ficticios del pasado creados por los rastros que nos dejan los errores, como las posibles realidades futuribles que llegan a ser simulacros fuera de laboratorio. Es decir, el error no es solo un hecho que frena una lógica o producción, sino que amplia los límites de esta.

4-El error como instrumento para el desarrollo, protocolo.

Para llevar a cabo el proceso de instrumentalización que se propone y por lo tanto de operatividad o tecnologización, la ponencia expone una serie de líneas de actuación sobre el concepto error; teorización, reconocimiento, formación de un atlas y formación.

4.1-Teorización del error como instrumento productivo:

Comenzando por; Zenón de Elea, luego los Sofistas y luego Spinoza quienes explican cómo no pueden aceptar al error pues solo pueden trabajar con el ser y no con el no ser, que es donde entienden que esta el error, o Aristóteles que entiende al error desde la equivocación de los términos pero también de los juicios, o Descartes que presenta al error como un hecho que reside en un acto de voluntad que se pronuncia en el juicio, casi todos insisten en que no es legítimo confundir simplemente el error con la ignorancia. Mientras la ignoracia es una falta de conocimiento, el error supone previamente un conocimiento acerca del cual hay error.

Es quizás el trabajo de Victor Brochard exclusivamente sobre el error, De l´errour [2], el análisis más completo y que aglutina los distintos estudios sobre la temática. Brochard estima, uniendo lo más plausible de las tesis tratadas, que la existencia del error no es una privación de inteligibilidad, sino de voluntad. Pero, a su vez, el error no sería posible si no hubiese en un ser, el hombre, una unión de voluntad y entendimiento. Por eso se podría decir que "lo que hace posible el error en sí mismo es la unión en el mundo de la idea y de la voluntad". "*No habría error con una sola inteligencia y sin la voluntad. Y por ello el principio metafísico del error es la libertad*" [3]

Con la tesis de Victor Brochard nos encontramos ante una teorización completa del concepto de error, capaz de ser operativa y desarrollada para encontrar nuevos modelos operativos sobre la materia errada.

2- BROCHARD Victor (1º edición 1897): De l'erreur. Félix Alcan editeur, Paris, nueva edición, réplica de la anterior (2006). Elibron Classics series.

3- Ferrater Mora, Diccionario de Filosofía, Ed. Sudamericana Buenos Aires 1964, p.543

4.2- El atlas del error como herramienta para la instrumentalización;

La investigación afronta el concepto de atlas del error desde el mismo punto de vista que "Historia de los conceptos" lo ha hecho con la Historia. Es decir, un acercamiento a la investigación sobre el error más concreto e independiente de las conexiones naturales del tiempo, que de más importancia a las aclaraciones y conexiones entre los sentidos de los hechos, que a los hechos mismos, para así configurar un posible futuro a través del trabajo.

Tomando como referencia a Kooselleck, se propone el modo "atlas" como sistema organizativo del error, encargado de dar un tiempo determinado solo a la historia del error, desconectada de cualquier sustrato natural o religioso. El atlas del error inventa un tiempo nuevo que atiende a los acontecimientos independientemente de su sucesión cronológica, colocándolos así en un marco más genérico.

Un atlas no es un catálogo, ni una clasificación, (por lo que aprende de las distintas clasificaciones erroneas que antes se han expuesto) sino una forma más abierta de organización, más cercana al modo de funcionar del error, donde los ejercicios son tratados de manera más imprevisible y desconectada del entorno. Por lo tanto más cercana y empática a la naturaleza de funcionamiento del error.

4.3- Topología del error como marco de propiedades

Tras el reconocimiento y la datación de la información, se propone (y así se está realizando en el campo de la arquitectura) detectar las propiedades invariables de estos procesos productivos para reconocer lo que es su Topología.

Las propiedades topológicas junto al atlas, conceptualizan el uso del error, no para ayudar a generar un manual, sino para que éste sea una herramienta creativa y técnica más, que haga tanto cuestionarse las preguntas que desarrollan investigaciones como las respuestas de las investigaciones en sí.

Algunas de estas propiedades topológicas del error detectadas en los procesos arquitectónicos son.

- Ecológica. La implosión productiva.

El error suele actuar sobre la materia ya tratada, de ahí su contemporaneidad ecológica. Su fin no es justificativo sino simplemente intervencionista. Ralentiza los procesos hacia sí mismo. Provoca una implosión interna.

-Política colectiva. Diálogo, lo pro-común del error.

Es la propiedad más vinculada al diálogo. Su estudio trata de como éste abre procesos de funcionamientos interno. El fallo descubre políticas, (que no tiene porque ser un poder, ni tampoco una ideología), sino modos internos de gestión de la obra. El error anima a ver cómo funcionan las cosas, no las soluciona, sino a expone el conflicto.

-Estética de lo indeseado.

En arquitectura muestra la vinculación existente entre la imagen idealizada, la ganadora de un concurso o la que aparece en una publicación, y la imagen final construida, posible imagen no deseada. En esta comparación, el error se muestra como un dato que acentúa lo indeseado, y cuestiona la fuerza de los deseos.

Conclusión

Con esta ponencia se expone la importancia de generar una instrumentalización, un conocimiento constante y evitado en el desarrollo científico y cultural, el error. Del como tratemos al error hace que éste sea cada vez tan visible, accesible, pedagógico, concreto, creativo y desprejuiciado, como útil a una sociedad que demanda tanto nuevas técnicas como tecnologías que instrumentalicen el conocimiento que ya tenemos.

Bibliografía

BROCHARD Victor (1º edición 1897): De l'erreur. Félix Alcan editeur, Paris, nueva edición, réplica de la anterior (2006).
FERRATER MORA, José: Diccionario de Filosofía. Editorial Sudamericana Buenos Aires, 5ª edición,
MORIN, Edgar: Educar en la era Planetaria: El pensamiento complejo como Método de aprendizaje en el error y la
incertidumbre humana. Ed Universidad de Valladolid. Secretariado de publicaciónes
de Madrid 1988, p270.
EASTERLING Keller, Enduring Innocense. Capítulo "Contemplation: Error", Ed Massachusetts Institute of Technology, 1º ed, 2005, ISBN: 0-262-05079-X.
HUBERMAN, DIDI, (2010) Atlas ¿Cómo llevar el mundo a cuestas? (ISBN: 9788492441297)
KOSELLECK, Reinhart. historia/Historia. Minima Trotta. (original 1975 traducido 2004). ISBN:8481646709
LATOUR, Bruno, We Have Never Been Modern. Cita: ¿Qué protocolo requieren los nuevos experimentos colectivos?,
CASCONE KIM. Las Estéticas del Error: Las Tendencias “Post-Digitales” en la Música Contemporánea por Computador.http://www.anechoicmedia.com

Análisis de las diversas metodologías para el estudio del sistema de atraque en terminales portuarias

Alberto Camarero Orive[1], Íñigo López Ansorena[1], Mª Nicoletta González Cancelas[1]
Pascual Pery Paredes[1]

[1] Departamento de Ingeniería Civil: Transportes. Universidad Politécnica de Madrid.
Escuela Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
C/ Profesor Aranguren, s/n - 28040 Madrid, España. E-mail: alberto.camarero@upm.es
i.lopeza@alumnos.upm.es, nicol@caminos.upm.es, ppery@caminos.upm.es

Abstract. This paper is concerned with the study of the berth system in port terminals. The main objective is to present the management methodologies, which include empirical methods, analytical methods and simulation methods
The comparison shows that these three methods are not independent, but they are complementary. Each method has advantages and limitations and these depend on the type of study performed.

Keywords: port terminals, berth management, port planning

1. Introducción.

Los cambios tecnológicos y logísticos de nuestros días han forzado a los puertos a ofrecer un servicio más rápido, eficaz y económico a sus clientes. La continua competencia entre las terminales hace que la correcta gestión de línea atraque sea un objetivo para cualquier operador, ya que este sistema suele ser el cuello de botella preferente en la explotación de la terminal.

A la hora de abordar una descripción precisa del estado actual de los conocimientos en la materia, es conveniente destacar que la optimización de los puestos de atraque es el objetivo básico en la explotación del sistema de atraque.

La determinación de un número óptimo de atraques en una terminal ha sido tratada en diversos estudios desde el punto de vista teórico y práctico. Entre los estudios que han inspirado la presente ponencia se encuentran los realizados por Tu-Cheng Kuo[1], Wen-Chih Huang[2], Noritake M[3]/[4], y Camarero A.[5].

Todos ellos tratan la identificación o evaluación de las variables portuarias que intervienen en la operativa del sistema de atraque, desde alguna de las tres metodologías que se tratan en este artículo.

La motivación de la comunicación responde a una doble necesidad: por un lado la relativa al ejercicio de planificación de la oferta portuaria, a medio y largo plazo y por otro, al imprescindible proceso de optimización de la explotación de infraestructuras y superestructuras portuarias en un escenario de desarrollo sostenible.

2. Desarrollo del problema.

Para tratar el problema de la congestión del atraque, que engloba tanto la provisión de puestos de atraque suficientes como la gestión de las esperas de los buques y en suma el rendimiento de la línea de atraque, se utilizan las tres metodologías que se presentan a continuación:

2.1. Método empírico.

La capacidad y las dimensiones de una terminal dependen básicamente del tráfico que se mueve por sus muelles. En los métodos empíricos, la capacidad se obtiene aplicando a la terminal índices de rendimiento establecidos en otras terminales, que se consideran explotadas de forma satisfactoria. Los métodos empíricos generalmente se emplean:

• En un primer nivel de anteproyecto o prediseño en las primeras fases del desarrollo de una terminal, en donde muchas veces no hay datos disponibles para la aplicación de otros métodos.

• En un segundo nivel, en terminales que se encuentren operativas, estos métodos son utilizados como herramienta de control y seguimiento en la explotación del muelle.

Para su aplicación en cualquiera de los dos casos (nivel de prediseño o nivel de control) se requiere una amplia base de datos, que relacione un conjunto variables correspondientes a diversas terminales. Estas variables suelen estar relacionadas con el tráfico o la productividad, pero también pueden estar relacionadas con la calidad de los servicios, las dimensiones de los muelles, etc. Cabe distinguir en este sentido entre las variables de:

• Tráfico: expresa volúmenes de mercancías manipuladas por unidad de tiempo, sin explicitar los recursos empleados.

• Productividad: expresa volúmenes de mercancías manipuladas (o de producción), por unidad de recurso y por unidad de tiempo.

Como ejemplo, la figura 1 ha sido construida con los ratios de productividad de 67 terminales de contenedores europeas. Las ilustraciones relacionan las tres principales variables con incidencia en el rendimiento de la línea de atraque y son una “guía” para el prediseño o planificación del sistema de atraque de una nueva terminal. También pueden ser utilizados para controlar la actividad anual de una terminal frente a sus competidoras.

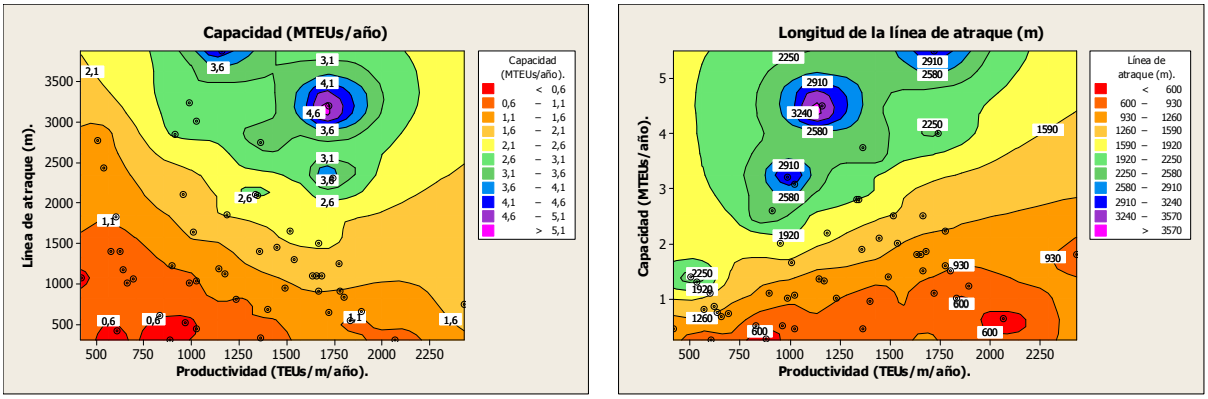


Fig. 1 Gráficas de contorno con variables de productividad. Fuente: Elaboración propia

Si bien estos métodos son de baja complejidad y ofrecen una limitada información, ya que no tienen en cuenta un gran número de variables. Conviene resaltar su interés para realizar cálculos rápidos en la medición de productividad (TEUs/ml atraque/año) en las etapas de predimensionamiento y de control y seguimiento.

2.2. Método analítico.

El sistema de atraque es un sistema de espera múltiple, con un centro de servicio (muelle) dotado de varias estaciones de servicio (atraques), con una función de entrada (llegadas de buques) y otra de servicio (permanencia en el atraque) y un centro de espera (zona de fondeo) común a los atraques que integran la terminal.

Los métodos analíticos utilizan conceptos y formulaciones matemáticas para describir los procesos de llegada-servicio a los "n" puestos de atraque que conforman el sistema. Estos métodos se apoyan en la Teoría de Colas, que resuelve el problema y permite estimar la capacidad de una terminal en función del tiempo de espera.

Los modelos de colas que resuelven son casos no excesivamente complejos con solución matemática exacta. Como ejemplo se muestran dos gráficas de control de la congestión en línea de atraque en dos modelos M/E2/n y E2/E2/n (*).[1]

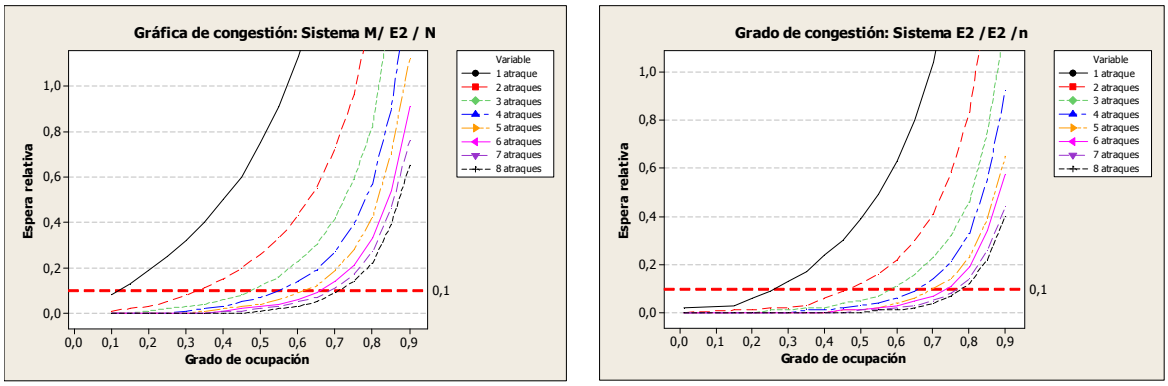


Fig. 2 Gráficas de congestión en sistemas M/E2/n y E2/E2/n Fuente: Elaboración propia

Los resultados que proporcionan permiten la definición de los puestos de atraque ofrecidos y las esperas en la línea de atraque, que están relacionadas con el grado de utilización y la eficiencia del sistema y en los que:

• La utilización define la relación entre el uso de un determinado recurso y su máxima utilización posible en un periodo de tiempo.

• La eficiencia define la relación entre el tiempo medio que un cliente se encuentra en el sistema y el tiempo medio que el sistema tarda en procesar su servicio, lógicamente cuanto mayor es el cociente menor es la eficiencia del sistema.

[1] Según la notación de Kendall en Teoría de Colas, los símbolos "M/E2/n y E2/E2/n" indican: "distribución de llegadas" / "distribución de servicios" / "nº de atraques"

Sin embargo la información que proporcionan los métodos analíticos es limitada, ya que tienen una capacidad reducida para resolver o afrontar ciertos problemas, como son aquellos en los que se presentan patrones no normalizados de entrada y de servicio, o aquellos en los que existe una gran complejidad del sistema a modelar o con una compleja disciplina de cola.

2.3. Método de simulación.

Las simulaciones son empleadas para realizar el estudio de una parte coherente del mundo real, denominada "sistema", por medio de la experimentación con modelos que representan ese sistema.

La simulación es la herramienta más efectiva en el proceso de optimización de la línea de atraque, se basa en la "modelización" de la realidad para poder analizarla. Esta representación o modelo, se puede utilizar para examinar la situación actual y también para intuir lo que sucederá en el futuro.

Con las simulaciones de terminales portuarias, se puede obtener un mayor conocimiento e interpretación de los fenómenos que se manifiestan en el sistema de atraque, mejorando el control del mismo y obteniendo sensibles beneficios en su operación.

La complejidad del sistema está relacionada con el grado de paralelismo de los eventos que en él se manifiestan. En una terminal portuaria, por ejemplo, existe gran dificultad para controlar la conducta de varios componentes del sistema (buques, grúas, etc.), que se encuentren llevando a cabo operaciones en forma simultánea.

Con la evolución de los ordenadores los procesadores de hoy en día, permiten realizar un elevado número de operaciones en fracciones de segundo, y también (con una adecuada programación) elevar el número de interacciones, facilitando la generación de modelos mucho más fiables y robustos. Por estas razones, los modelos de simulación actuales pueden representar sistemas de elevada complejidad y de comportamiento dinámico sin mayores inconvenientes.

El diseñador de un modelo de cierta complejidad como el portuario, no debe iniciar la confección del mismo sin una secuencia o una serie de pasos lógicos, desarrollados con el fin de asumir una mayor comprensión del funcionamiento general del sistema a estudiar.

Por esto, de la misma manera que sería prácticamente impensable tratar de construir un edificio sin una serie de planos, la modelización y posterior simulación de un sistema requiere de una planificación previa, siendo las actividades para la modelización y posterior simulación de un sistema las siguientes.

La primera actividad es la recogida y tratamiento de la información, una vez depurada se ordena y se generan los correspondientes histogramas, que se corresponden con el comportamiento observado de la terminal. En la siguiente fase los datos muestreados ordenados en forma de histograma se ajustan a una distribución continua teórica, que es un *input* de la simulación posterior.

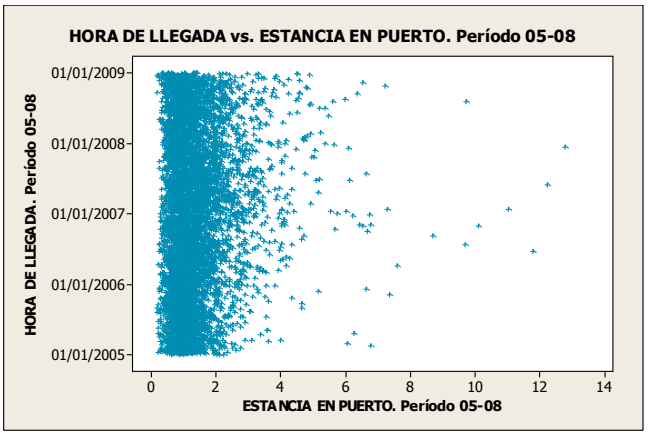


Fig. 3 Gráfica real: Hora de llegada vs Estancia en puerto. Fuente: Elaboración propia

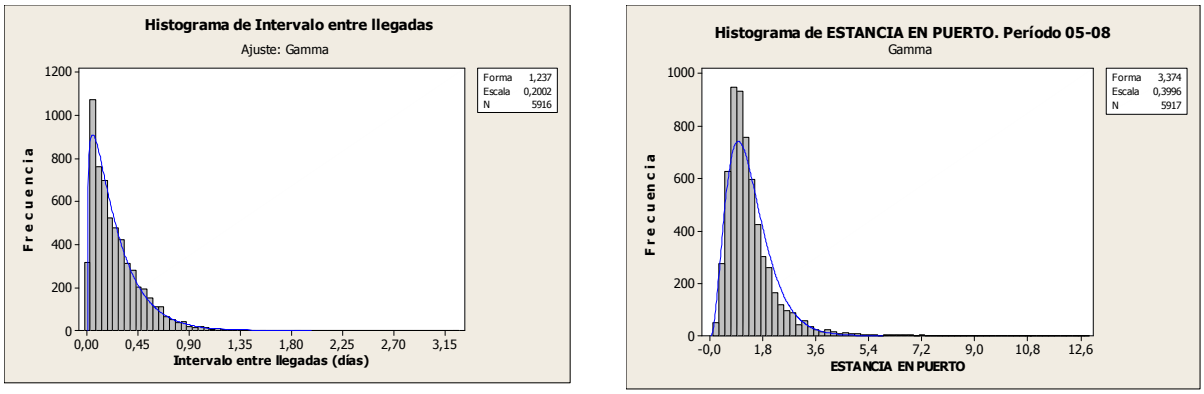


Fig. 4 Histogramas y ajustes estadísticos de distribuciones de llegada y servicio en Puerto. Fuente: Elaboración propia

Finalmente esta información se incorpora al modelo de colas que se pretende estudiar y se simulan diversos escenarios, con el objeto de experimentar su comportamiento ante los cambios en su estructura o entorno.

Al igual que los métodos analíticos, los resultados que proporcionan las simulaciones permiten la definición de los puestos de atraque ofrecidos y las esperas en la línea de atraque, que están relacionadas con el grado de utilización y la eficiencia del sistema. Como paso definitivo los resultados de las simulaciones deben ser analizados y validados.

En definitiva, las técnicas de simulación se emplean en sistemas portuarios complejos y cuando el nivel de tráfico es intenso. Exigen abundante información para la correcta modelización del sistema, pero permiten superar las carencias de los métodos analíticos cuando el volumen de información disponible es alto.

2.4. Naturaleza del problema

A continuación se muestran sintéticamente en la Tabla 1, para cada uno de los métodos presentados en esta comunicación las principales variables que definen la naturaleza del problema, en cuanto a etapa de aplicación, nivel de tráfico, complejidad, información requerida o facilitada y resultados:

	Métodos empíricos	Métodos analíticos	Simulación
Etapa	Inicial	Desarrollo	Desarrollo
Nivel de tráfico	Cualquiera	Medio	Intenso
Complejidad	Baja	Media	Alta
Información	Limitada	Limitada	Abundante
Resultados	Productividad	Definición de puestos de atraque / esperas	Definición de puestos de atraque / esperas

Tabla 1. Naturaleza del problema. Fuente: Elaboración propia

Como se ha podido apreciar en el desarrollo del problema, cada una de las metodologías expuestas presenta ciertas características que pueden enriquecer el estudio del sistema de atraque. Por tanto la solución del problema se encontraría en la gestión integrada de la información aportada por cada método y no en la supresión o desistimiento de alguna de las metodologías de estudio.

3. Conclusiones.

La explotación de la línea de atraque en las terminales de contenedores es un problema complejo y las tres metodologías presentadas no son excluyentes sino complementarias, ya que permiten incorporar al problema toda la información necesaria para su correcto tratamiento.

Las ventajas, limitaciones y posibles aplicaciones de cada uno de los métodos se exponen sintéticamente en la Tabla 2:

	Métodos empíricos	Métodos analíticos	Simulación
Ventajas	Sencillez de elaboración	Permiten una 1ª aproximación	Método mas exacto
Limitaciones	No trata fenómenos de espera y no tiene capacidad predictiva	Grado de aproximación insuficiente en fenómenos de espera	Exige abundante información (modelo complejo)
Posibles aplicaciones	Prediseño y control de la gestión-competencia	Apto para Media-Baja intensidad de tráfico	Idóneo con alta intensidad de tráfico

Tabla 2. Ventajas, limitaciones y posibles aplicaciones de cada uno de los métodos. Fuente: Elaboración propia

Referencias.

[1] Tu-Cheng Kuo, et al. "*A case study of inter-arrival time distributions of container ships*". Journal of Marine Science and Technology, Vol. 14, No. 3, pp. 155-164 (2006).

[2] Wen-Chih Huang, et al. "*A comparison of analytical methods and simulation for container terminal planning*", Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol. 24, No. 3, pp. 200-209 (2007).
[3] Noritake, M., "*A study on optimum number of berths in public wharf*", Proceedings of the Japanese Society of Civil Engineers, 278, 113-122 (1978).
[4] Noritake et al, "*Optimum number and capacity of seaport berths*", Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering, 109, 323-329 (1983).
[5] Camarero, A. et al: "*Optimización y estudio de la capacidad de terminales portuarias mediante modelos de simulación de la explotación. Determinación de los niveles de servicio*". CEDEX Código PT-2006-004-14IAPM. (2009).

Evaluación de la Protección en Terminales de Contenedores. Aplicación del Código ISPS

David Romero Faz[1], Alberto Camarero Orive[2]

[1] Dpto. Ingeniería Civil: Infraestructura del Transporte, Universidad Politécnica de Madrid, c/ Alfonso XII, 3 y 5, 28014 Madrid, España, david.romero@upm.es
[2] Dpto. Ingeniería Civil: Transportes, Universidad Politécnica de Madrid, c/ Profesor Aranguren, s/n 28040, Madrid, España, tr09@caminos.upm.es

Abstract. The target of this study is the security assessment in terminal containers and the valuation of the resulting measures through the "Risk-based decision-making (RBDM) Methodology", of quick and simple application to port facilities. The results shows that existing threats are many and its elimination or reduction does not require necessarily a high investment, however it is also certificated that many dangers happens due to human errors.

Keywords: terminal container, security assessment, threats.

1. Introducción.

La sociedad mundial lleva experimentando el fenómeno de la delincuencia organizada a gran escala desde comienzos del siglo XX hasta hoy, y el terrorismo en particular desde los años ochenta. Este fenómeno no es ajeno al mundo de transporte marítimo. Dentro de las actividades económicas que con una mayor frecuencia han sufrido los ataques anteriormente descritos destacan por el impacto social y mediático, por las consecuencias económicas y por la trascendencia que tienen en la explotación de los mismos, los sufridos por los distintos modos de transporte. Existen importantes antecedentes de una importante repercusión mediática como el ataque al Buque Achille Lauro (1985) o Lockerbie (Escocia). No obstante el atentado terrorista de mayor relevancia e impacto fue sin duda el ataque a las Torres Gemelas de Nueva York ,en EEUU, el 11 de septiembre de 2001, el cual puso de manifiesto que no existen países que estén completamente protegidos del terrorismo.

2. Desarrollo del problema.

Esta ponencia tiene por objeto resumir el trabajo llevado a cabo para la aplicación de una metodología dada, denominada *"RBDM, Toma de Decisiones Basada en Riesgo"* para la evaluación de la protección de terminales marítimas de contenedores mediante la implementación del código ISPS (*International Ship and Port Facilities Security*). Para ello se efectúa un análisis de los riesgos, amenazas, vulnerabilidades y consecuencias, estableciendo que medidas de seguridad se aplicarán de forma general a terminales portuaria de contenedores.

La evaluación de la protección de la terminal es fundamentalmente un análisis de riesgos de todos los aspectos de las operaciones de la terminal, para determinar así que elemento o elementos de éstas son

más susceptibles y/o tienen más probabilidades de sufrir un ataque. El análisis a realizar está enfocado a la determinación de las medidas de seguridad en terminales de contenedores de forma global.

La RBDM[1] es una buena herramienta para desarrollar y determinar las medidas apropiadas de seguridad para una Instalación. Se trata de un proceso sistemático y analítico para considerar la probabilidad de que una violación de la seguridad ponga en peligro un activo, individuo o función e identificar las acciones que reducirán la vulnerabilidad y mitigarán las consecuencias.

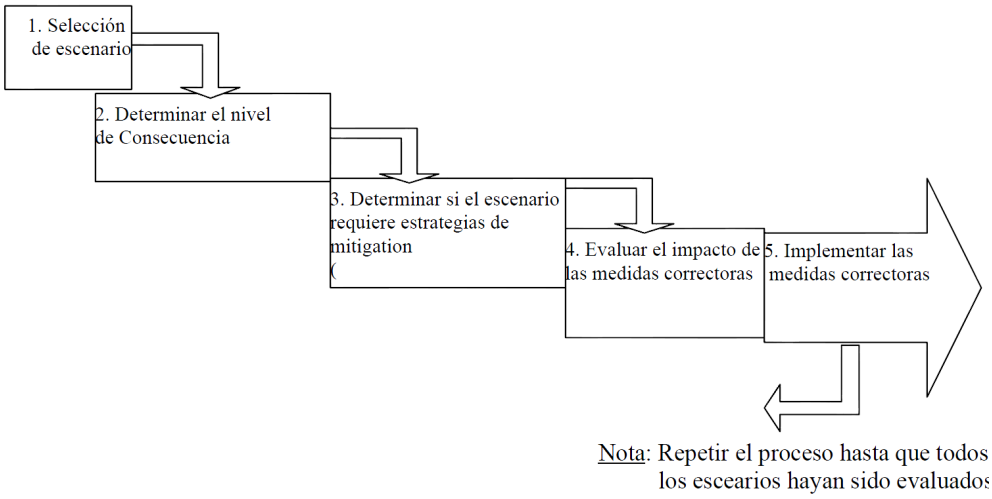


Figura 1. Diagrama de flujo de la evaluación de la seguridad basada en el riesgo

La primera cuestión a responder es ¿qué se entiende por riesgo en una instalación portuaria? Se entiende como tal el resultado combinado de la gravedad de un incidente, la amenaza de que ocurra y la vulnerabilidad del elemento a estudiar. Es por tanto el indicador principal del nivel de protección de las instalaciones. Mediante el análisis del riesgo se identificarán las medidas de protección necesarias para reducir la "vulnerabilidad de una instalación portuaria", revelando así las carencias en las estructuras físicas, iluminación, controles de acceso, puntos de acceso desprotegidos, en la organización de seguridad o en sus propios procedimientos de seguridad en el momento de ejecutarlos. Por este motivo una evaluación de riesgo debe realizar un análisis detallado de cada incidente posible mediante el método siguiente; 1.- Identificación de las amenazas potenciales; 2.- Estimación de las consecuencias; 3.- Estimación de la vulnerabilidad de la Terminal. Previamente a estos pasos se deberá realizar la *identificación y evaluación de los bienes e infraestructuras a proteger* en la Terminal.

El procedimiento de análisis de riesgo que se sigue permite evaluar la incidencia de cada uno de los sucesos en la terminal en estudio en cada caso, determinando a partir de la probabilidad de presentación de la amenaza (o verosimilitud), de la vulnerabilidad del elemento y de las consecuencias que se derivarían de la materialización del suceso analizado, el riesgo de cada uno de los casos estudiados, y en función de este determinar si es o no aceptable y en que grados, en cuyo caso se dispondrán las correspondientes medidas para tratar de anular el riesgo, de forma que una vez implementadas dichas medidas el riesgo residual de cada caso sea aceptable. El procedimiento empleado de valoración del riesgo es del tipo *cuantitativo simplificado*, ya que su cuantificación se realiza a partir de valoraciones numéricas de la verosimilitud o amenaza, la vulnerabilidad y las consecuencias o criticidad.

2.1. Cálculo del riesgo

El cálculo del riesgo que cada uno de los escenarios supuestos a estudiar ocasiona en cada uno de los elementos a analizar, se realiza mediante la expresión siguiente:

Riesgo = Amenaza x Consecuencia x Vulnerabilidad

Amenaza (o verosimilitud): Posibilidad de que ocurra un incidente en la protección. Para su análisis se deberá tener en cuenta factores como actividad criminal histórica, la presencia de grupos criminales de cualquier orden, aptitud del grupo criminal considerado para llevar a cabo una acción, el entorno de protección, la intención, etc. **Consecuencia**: daño a una Instalación Portuaria, Buque o Sistema. Resultado de un incidente que ocurra, medido en pérdidas de vida humanas, lesiones personales, daño ambiental, daño a bienes o en perjuicio económico. **Vulnerabilidad**: Predisposición o susceptibilidad que tiene un elemento a ser afectado por un incidente e protección.

2.2. Identificación y evaluación de los bienes e infraestructuras a proteger

En esta evaluación se considera el impacto que puede causar una emergencia o atentando con consecuencia de pérdida de vidas humanas, paralización de las actividades y daños en la terminal, así como la capacidad de ésta para restablecer los servicios potencialmente dañados.

Partiendo de la zonificación habitual de cualquier terminal de contenedores; zona de operación, zona de almacenamiento se realiza la identificación, y se evalúan con el fin de asignarles una importancia relativa y posteriormente priorizar su protección.

A continuación se resumen, por orden de prioridad, con carácter meramente indicativo, los activos en base a las consecuencias de un acto terrorista, en base al criterio:

1.- Pérdida de vidas humanas, 2.- Paralización de las actividades y daños en la terminal, así como la capacidad de ésta para restablecer los servicios potencialmente dañados se establece una prioridad. Solo se indica el caso pésimo, pues en algunos casos pueden darse ambas situaciones: **Buque** *(1.- Pérdida de vidas humanas);* **Contenedores** (*1.-Pérdida de vidas humanas y 2.- Paralización de actividades y daños en la terminal*); **Red CCTV** *(1.-Pérdida de vidas humanas y 2.- Paralización de actividades y daños en la terminal);* **Accesos** (*1.-Pérdida de vidas humanas y 2.- Paralización de actividades y daños en la terminal*); **Edificios** *(1.-Pérdida de vidas humanas);* **Zona sumergida de línea de atraque** *(1.-Pérdida de vidas humanas);* Línea de atraque (muelle) *(1.-Pérdida de vidas humanas);* **Grúas Pórtico y RTG** *(2.- Paralización de actividades y daños en la terminal);* **Torres de alumbrado** *(2.- Paralización de actividades y daños en la terminal);* **Patio de contenedores** *(2.- Paralización de actividades y daños en la terminal);* **Sistemas eléctricos/informáticos** *(2.- Paralización de actividades y daños en la terminal);* **Aparcamientos** *(2.- Paralización de actividades y daños en la terminal).* Como se aprecia **más de la mitad de las instalaciones son críticas en términos de seguridad**, pues su vulnerabilidad puede suponer la pérdida de vidas humanas por ataques directos o indirectos contra buques, mercancía o estancias donde haya personal.

2.3. Identificación de posibles amenazas

Para evaluar las posibles amenazas se establecen una serie de escenarios de ataque posibles cuyo resultado sea una amenaza potencial para la seguridad de la instalación. Los escenarios han de estar dentro de las posibilidades reales de suceso. Más adelante, en la tabla 4, se describen los posibles escenarios de amenazas que de estos resultarían si se dieran las condiciones para ello.

2.4. Estimación del Nivel de Consecuencia

Se establecen tres niveles de consecuencia para las distintas partes de las instalaciones portuarias.

Nivel de consecuencia	Descripción
3	Instalaciones que transfieran, almacenen o manipulen mercancías peligrosas
2	Instalaciones que reciben buques certificados para más de 150 pasajeros
	Instalaciones que operan buques que realizan viajes internacionales
1	Instalaciones distintas de las anteriores

Tabla 1. Niveles de Consecuencia

2.5. Estimación de la Vulnerabilidad de la Terminal

La evaluación de la vulnerabilidad se efectuará de forma cuantitativa para cada escenario descrito, y en base a cuatro: **Disponibilidad:** Presencia de la Instalación y la predicción de cómo se relaciona con la capacidad de planificar un ataque; **Accesibilidad:** Accesibilidad de la Instalación al escenario de ataque. Esto se relaciona con las barreras físicas y geográficas que disuaden la amenaza sin seguridad/ protección orgánica; **Seguridad Orgánica:** La habilidad del personal de seguridad de disuadir un ataque. Esto incluye los Planes de Seguridad/Protección, las capacidades de comunicación, el personal de vigilancia, los sistemas de detección de intrusos y la oportunidad con que las fuerzas externas pueden prevenir un ataque; **Dificultad del Objetivo:** La habilidad de la Instalación de resistir el ataque específico, basado en la complejidad del diseño de la instalación y las características del material de construcción.

La Tabla 2 presenta la puntuación y los criterios de vulnerabilidad. Cada escenario debe ser evaluado para obtener una puntuación de accesibilidad y de seguridad orgánica. Como resultado de la suma de estos elementos, se obtendrá la puntuación total de vulnerabilidad. Dicha puntuación será empleada como puntuación de vulnerabilidad cuando se evalúe cada escenario en el próximo paso.

Puntuación	Accesibilidad	Seguridad Orgánica
3	**Sin disuasión** (p.e.: acceso no restringido a la Instalación y movimiento interno no restringido).	**Sin capacidad de disuasión** (p.e.:no existe un plan de seguridad, no existe equipo de vigilancia no hay comunicaciones de emergencia, no hay sistemas de detección; la fuerza policial no puede estar disponible a tiempo)
2	**Disuasión regular** (p.e.: barrera sencilla; acceso no restringido hasta 100 m del objetivo)	**Capacidad de disuasión regular** (p.e.: plan de seguridad básico, existen algun sistema de comunicación, fuerza de seguridad propia reducida, fuerza externa con limitada disponibilidad para prevenir; sistemas limitados de detección.
1	**Buena disuasión, debe ser capaz de disuadir el ataque** (p.e.: acceso restringido hasta 500 m de los objetivos; existen diferentes barreras geográficas y/o físicas).	**Buena capacidad de disuasión prevista para disuadir un ataque** (p.e.: existe un plan detallado de seguridad; las comunicaciones de emergencia son efectivas; el personal de seguridad está bien entrenado; sistema de detección múltiples (Rayos X, cámaras, etc

Tabla 2. Puntuación de vulnerabilidad

La evaluación se debe realizar para cada bien e infraestructura a proteger, y éste a su vez en cada escenario estudiado. Asimismo se realiza siempre sin el planteamiento de medidas de protección o

cambios en la estrategia de seguridad que signifiquen una disminución de las vulnerabilidades, aún si hay estrategias y medidas de seguridad ya adoptadas.

2.6. Matriz de Vulnerabilidad y Consecuencia

Se crea una matriz que recoge la suma de los indicadores evaluados de consecuencia y vulnerabilidad para cada amenaza o escenario planteado previamente en la tabla 3. Se definen tres situaciones posibles en el estudio y consideración del riesgo: **Corregir:** se deben desarrollar medidas correctoras, tales como medidas protectoras de seguridad, para reducir el riesgo del escenario; **Considerar:** se deben desarrollar medidas correctoras caso a caso; **Documentar:** significa que el escenario puede no necesitar una medida correctora y por lo tanto sólo necesita ser documentado. Sin embargo, medidas que tengan un bajo costo pueden ser consideradas.

Los resultados de la Tabla 3 resultan una herramienta importante en la identificación de posibles vulnerabilidades y la evaluación de métodos prospectivos para hacerles frente.

		Puntuación total de Vulnerabilidad		
		2	**3-4**	**5-6**
Nivel de consecuencia	**3**	Considerar	Corregir	Corregir
	2	Documentar	Considerar	Corregir
	1	Documentar	Documentar	Considerar

Tabla 3. Matriz de Vulnerabilidad y Consecuencia

2.7. Determinación de escenarios que requieren medidas de protección

La propuesta de medidas de protección conlleva el análisis previo de las prioridades o niveles de documentación y por tanto consideración de la amenaza. Así se evita la implementación de medidas de protección ante cualquier evento, por pequeño que resulte, lo cual supone una optimización de la operativa, focalizando los esfuerzos en seguridad, y por tanto las inversiones, en aquellos de mayor importancia desde la perspectiva de la seguridad. A menudo es más fácil reducir las vulnerabilidades que las consecuencias o amenazas.

Las estrategias deben mantener permanentemente un nivel de protección equivalente a pesar de los cambios en los niveles de amenaza. La determinación de que escenarios requerirán medidas correctivas se recoge en la siguiente tabla, la cual resume todos los pasos anteriormente descritos en el análisis del riesgo. Esto es, en primer lugar la descripción del escenario o amenaza, el nivel de consecuencia de la terminal, puntuación de vulnerabilidad y finalmente las acciones a llevar a cabo; corregir, considerar o documentar.

Si bien el presente trabajo es de carácter general, resulta muy ilustrativo para una mejor comprensión de su aplicación, la determinación del grado de actuación o corrección a llevar a cabo para cada uno de los escenarios posibles planteados en una terminal de contenedores. Para ello se resuelve un ejemplo de aplicación a una terminal tipo de contenedores cuyas características generales son: Terminal de Contenedores de dimensiones rectangulares de valor, 2.000 m de longitud por 800 m de fondo y una zona de operaciones de 70 m; zona reservada para contenedores con mercancías peligrosas pero sin control de acceso o vallado de la zona; accesos a la terminal: con barrera simple y perímetro vallado sin supervisión de seguridad de los vehículos que acceden a ella; vigilancia: existe red de CCTV pero no existe fuerza de vigilancia ni comunicaciones de emergencia; plan de seguridad: mínimo, sin

sistemas de detección de rayos x; actualmente no existen planes de inspección subacuática; no posee red de CCTV y los sistemas de inspección y control de rayos x son muy básicos.

El resultado de aplicar el código ISPS a esta terminal ejemplo se refleja en la Tabla 4, la cual recoge como ya se citó anteriormente, todos los escenarios posibles así como el nivel de consecuencia establecido para una terminal de contenedores y la posterior valoración "ad hoc" de cada escenario respecto de la accesibilidad y seguridad orgánica que se ofrece por parte del explotador de la misma.

Nº	Escenario	Nivel de Consecuencia	Vulnerabilidad			Acción
			Accesibilidad (a)	Seguridad Orgánica (b)	Total (a+b)	
1	Intrusos toman el control de la terminal y producen daños importantes en las instalaciones con explosivos; p.e: Gruas Portico, línea de atraque (muelle), torres de alumbrado, etc	2	2	3	5	Corregir
2	Intrusos toman el control de la terminal y destruyen la terminal con explosivo		2	3	5	Corregir
3	Intrusos toman el control de la terminal e incendian las mercancías (contenedores)		2	3	5	Corregir
4	Intrusos toman el control de la terminal y sabotean las redes eléctricas, de alumbrado, de energía, CCTV, sist. Informáticos, de comunicaciones, etc.		2	3	5	Corregir
5	Intrusos toman el control de la terminal y roban mercancía de los contenedores		2	3	5	Corregir
6	Intrusos toman el control de la terminal y atacan contenedores de mercancías peligrosas para liberar materiales contaminantes al medio ambiente		2	3	5	Corregir
7	Intrusos toman el control de la terminal, toman rehenes y/o matan personas		2	3	5	Corregir
8	Manipulación indebida en origen de la mercancía transportada por el buque con el fin de producir daños en las instalaciones y/o matar personas (disposición de explosivos)		1	2	3	Considerar
9	Ataques externos a la terminal mediante la ejecución de disparos a distancia con; fusil, ametralladora, cohetes, etc.		3	2	5	Corregir
10	Ataques externos a la terminal mediante la colocación de explosivos adyacentes al objetivo: desde el agua (superficie); desde el propio muelle; desde el fondo		3	1	4	Considerar
11	Ataques externos a la terminal mediante la introducción por la fuerza de un coche/camión bomba contra las mercancías peligrosas		2	2	4	Considerar
12	Utilizar la terminal para introducir o sacar materiales, droga, dinero, armas, divisas, etc. (contrabando desde o hacia el pais)		2	2	4	Considerar
13	Utilizar la terminal como un medio para transferir personas desde el buque a un vehículo para su ingreso ilegal en el pais		2	2	4	Considerar

Tabla 4. Determinación de escenarios que requieren medidas correctoras

2.8. Identificación y selección de las medidas correctoras

Las medidas de protección deben elegirse en función de factores tales como su eficacia para reducir la probabilidad de que se produzca un ataque y deben evaluarse basándose, entre otros, en los datos de:

Los reconocimientos, inspecciones y auditorías de protección [1], las consultas con los administradores de la terminal; antecedentes registrados de sucesos que hayan afectado a la protección marítima; las operaciones que se realicen en la instalación, en este caso la carga y descarga de mercancía contenerizada, su almacenamiento y manipulación.

2.9. Implementación de las medidas correctoras

Las estrategias o medidas correctoras a plantear han de ser efectivas, es decir que tras su aplicación disminuyen el riesgo existente en un grado (p.e.: de corregir a considerar o de considerar a documentar). Se propondrán medidas del tipo: Instalación de cerco perimetral de seguridad de 2,5 m de altura que impida el acceso de personal no autorizado a la zona; Disposición de vallado perimetral interno de la zona de mercancías peligrosas con control permanente; Creación de una puerta única de acceso a la terminal con control de accesos las 24 horas; Instalación de CCTV que dan cobertura al 90 % de la terminal con grabación digital permanente; El acceso de vehículos de suministro a los buques se controla mediante espejos de observación de bajos y con perros anti-explosivos; Creación de un Plan de Autoprotección y Emergencia detallado y buena coordinación con efectivos policiales (disponibilidad inmediata); Establecimiento de un servicio de vigilancia submarina (buzos) en coordinación con las fuerzas de seguridad para el inspección de la parte sumergida del muelle antes del atraque del buque portacontenedores y revisión del casco del buque antes de su partida. Todo ello en función del pabellón y país de procedencia del buque; Creación de un programa confidencial de inspección de las zonas sumergidas de las líneas de atraque adyacentes a las terminales de contenedores; Delimitación de zonas de seguridad alrededor de las zonas destinadas al atraque de buques portacontenedores, denominadas láminas de seguridad, con restricciones a la navegabilidad; Instalación de sistemas de detección con Rayos X para inspección y control de los contenedores, etc.

3. Conclusiones.

- Existen de forma general múltiples instalaciones vulnerables a una acción terrorista o sabotaje. Destacan por su peligrosidad, además del propio buque portacontenedores, los accesos por vía terrestre o marítima a las instalaciones.
- Si bien el ataque a cualquiera de ellas es clave para el funcionamiento de la terminal en condiciones óptimas de operatividad, en más de la mitad de las instalaciones o activos, su sabotaje o destrucción implicarían una alta probabilidad de pérdida de vidas humanas, debido a la actividad que en ella se realice (p.e. Edificios) o a que su no funcionamiento facilita la acción terrorista en las instalaciones.
- Las medidas correctoras a aplicar no tienen porque suponer un presupuesto muy elevado y la mejora detectada resulta elevada.
- Los posibles puntos débiles muestran que los errores humanos son numerosos y que sin duda son los de mayor dificultad a la hora de resolver.

Referencias.

[1] Navigation and Vessel Inspection Circular N° 11-02 (NVIC 11-02), Servicio de Guarda Costas de los EEUU, (2003).
[1] UNCTAD, “Transport Maritime Review”; UNCTAD, Ginebra, Suiza. (2003).
[2] Organización de las Naciones Unidas. Maritime security: elements of an analytical framework for compliance measurement and risk assessment. Nueva York y Ginebra, (2006).

Accesibilidad en el litoral mediterráneo andaluz: sostenibilidad e infraestructuras en el paisaje.

Rafael de Lacour[1]

[1] Área de Proyectos Arquitectónicos, Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica y en la Ingeniería, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Granada. Avenida de Andalucía nº 38 18071 Granada, España, rdlacour@ugr.es

Abstract.

The line of research on architecture and Litoral, developed at the School of Architecture of Granada, in approaching the complexity of the patterns of growth and territorial development of the Andalusian coast. The overall study includes urban issues such as physical condition of the land, the productive systems as economics, population mobility as a social component and the changing environmental and ecological sensitivity parameter. Within all this, the accessibility is a factor to explain the different patterns emerged. The comparative study of models with reference to the role of connections not only allows a better understanding of coastal areas but the identification of key sustainability options to propose territorial from infrastructures raised in harmony with the landscape.

Keywords: Accessibility, Coast, Territory, Landscape.

1. Introducción.

La accesibilidad al paisaje litoral surge como temática de interés ante la problemática actual de colmatación urbana en el litoral en general y por los retos de futuro que se plantean en relación con la puesta en valor de los espacios naturales: paisaje y sostenibilidad.

Un contexto tan dinámico en relaciones poblacionales y demográficas como es el litoral mediterráneo ofrece unas enormes posibilidades de estudio sobre los distintos grados de desarrollo producidos en ámbitos basados en el turismo en contraposición con otros dedicados a actividades agrícolas o primarias. Tanto en unos como en otros las infraestructuras de transporte determinan sus actividades y sistemas productivos, generándose situaciones diversas en cuanto al grado de sostenibilidad de sus respectivos modelos territoriales.

En concreto, en el litoral mediterráneo andaluz cohabitan hoy interesantes situaciones límites, como los procesos de alto crecimiento y sobreexplotación de grandes conurbaciones metropolitanas vinculadas al fenómeno turístico costero junto a otros de valoración de entornos ambientales con escasa alteración por la presencia de parques naturales marítimos.

Desde la Escuela de Arquitectura de Granada, dentro de la línea de investigación sobre Arquitectura y Litoral, se han analizado los diferentes casos de desarrollo desde sus condiciones fragmentarias,

relacionándolos para comprender la complejidad del fenómeno. Se parte, pues, de la necesidad de profundizar en el conocimiento del litoral y de su complejidad a través de análisis diversos sobre el ámbito para confeccionar un diagnóstico de reconocimiento de la realidad urbana, productiva y de explotación de su litoral encaminado a detectar las desigualdades y localizar diferencias entre territorios sobredesarrollados (Fig. 1) e infradesarrollados (Fig. 2) social y económicamente.

Con esa información, desde un punto de vista instrumental, se realiza en todo el ámbito un estudio comparativo y de representación mediante la elaboración de un material documental fundamental para avanzar en propuestas de equilibrio territorial entre interior y litoral, y entre distintas franjas de litoral. Además, a través de los casos contrapuestos se localizan las respuestas dentro del heterogéneo litoral andaluz al fenómeno urbanizador a escala global caracterizado por el progresivo incremento de población en la franja costera y por el crecimiento de ciudades próximas al mar.

En el estudio comparativo de estos modelos, vinculados con los comportamientos territoriales en red, se logra un entendimiento del espacio como sistema de relaciones en el que priman las conexiones, y las dinámicas demográficas desiguales ocasionadas por las comunicaciones interurbanas. Por eso, en el estudio de estos modelos la accesibilidad resulta decisiva. Las vías de llegada al territorio en sus distintas modalidades públicas y privadas han posibilitado modelos lineales periféricos de desarrollo basados inicialmente en el turismo de masas que han adquirido hoy una complejidad territorial desmesurada por su incidencia en la capacidad de carga. En los espacios naturales, por el contrario, los grados de protección limitan la interconexión condicionando su aislamiento.

A partir de estos datos se han elaborado propuestas de desarrollo equilibrado y sostenible de los espacios de valor ambiental, paisajístico y cultural, orientando la arquitectura hacia vías de desarrollo económico y social; y produciendo técnicas de innovación en la construcción sostenible y de adecuación al medio. De este modo, el valor útil de esta investigación reside en ofrecer nuevas claves con las que proponer alternativas de futuro y medidas correctoras de los desequilibrios ambientales mediante propuestas territoriales articuladas por infraestructuras de transportes colectivos y nuevos equipamientos públicos ligados al paisaje.



Fig. 1. Modelo territorial sobredesarrollado. Espacios agrícolas en la desembocadura del Río Vélez. Manuel Eliberto Luque Guerrero.



Fig. 2. Modelo territorial infradesarrollado. Espacios agrícolas en Cabo de Gata. José Carlos Fernández Martínez.

2. Desarrollo del problema.

2.1. Las transformaciones del litoral mediterráneo andaluz

El litoral mediterráneo andaluz es muy extenso y variado morfológicamente, aunque hasta hace poco más de medio siglo era bastante homogéneo socioeconómicamente, dedicado a actividades primarias y en condiciones de aislamiento por la ausencia de comunicaciones. Sin embargo en las últimas décadas ha sufrido un intenso desarrollo urbano, turístico, residencial y demográfico, con consecuencias territoriales y agotamiento de los recursos naturales.

Se trata de un litoral en el que se han configurado unos modelos de crecimiento exponencial y descontrolado, formas suburbanas de ocupación que consumen más suelo que la ciudad compacta tradicional, y con total ausencia de jerarquía entre núcleos por su condición periférica litoral, generando comportamientos policéntricos [1] contrapuestos a los de las aglomeraciones concéntricas metropolitanas.

Estas transformaciones las sentimos hoy como una pérdida del valor natural, como algo negativo. Y esto se debe a que el paradigma ya no es económico sino ecológico. Ahora bien, en contra de la creencia generalizada, mientras el proceso se gestaba en épocas desarrollistas existía preocupación por lo medioambiental y la alteración del paisaje; aunque las advertencias y recomendaciones fueran desoídas por una Administración más preocupada por los fines que por los medios.

En esas transformaciones la afectación del medio físico resulta decisiva por la intervención de las infraestructuras, no solo por el impacto directo sino por la repercusión que originan en los sistemas de ocupación y colonización del suelo. El valor medioambiental de los espacios naturales, origen atractor de los modelos turísticos litorales, representa hoy una especial singularidad en aquellos otros que privilegiadamente se han conservado como espacios preservados frente al urbanismo especulativo, cualificando la consideración de paisaje.

2.2. El modelo Costa del Sol.

Donde mejor se puede comprobar la génesis de esta tendencia es en la Costa del Sol, considerada como un invento acelerado en el tiempo [2]. Contando con un clima y un paisaje privilegiado, montañas próximas al mar, atractivas playas, un aeropuerto, y una mano de obra dedicada a una decadente agricultura, adquirió rápidamente presencia en los mercados nacionales e internacionales. Hoy se vive como un complejo flujo de movilidad, laboral y de ocio, y es una de las zonas más dinámicas sociológicamente y más interesante como conurbación sobredesarrollada.

Se trata de un complejo sistema de relaciones urbanas (y de diferencias [3]) basado en el turismo, y caracterizada por una transformación territorial del medio natural inicialmente dedicado a la actividad agrícola y de explotación primaria de los recursos, que abandona su estado previo para rentabilizar su climatología hasta convertirse en naturaleza artificializada aunque vinculada al sustrato físico, tanto por su genealogía como por sus límites. Así, la estructura parcelaria original dedicada a los usos agrícolas, según los tipos de cultivos, determina la morfología de la ocupación turística por el tamaño de la urbanización [4], y el peligro del modelo aparece cuando se sobrepasa la capacidad de carga [5], fundamentalmente del agua y el espacio disponible, indispensables para el correcto funcionamiento del modelo.

En el momento en el que se adquiere conciencia y se ponen en valor enclaves de alto valor ecológico, se abren caminos para vislumbrar dónde están hoy las alternativas: en la preservación y recuperación

de los espacios naturales y también en el transporte colectivo ferroviario para cohesionar socialmente una aglomeración urbana tan dinámica y desarrollada (Fig. 3).

Muy próximo a la Costa del Sol, dentro de la Costa de Cádiz es posible localizar ámbitos como el campo de Gibraltar que combina hoy el desarrollo turístico e industrial con el valor geo-estratégico y las comunicaciones entre las dos costas y los dos continentes. Se trata de un área de oportunidad de gran dinamismo gracias al Puerto de Algeciras, a las energías eólicas, a la biodiversidad del Parque Natural de los Alcornocales (Fig. 4) y ante el futuro paso ferroviario, por túnel, bajo el estrecho.



Fig. 3. Suelos desarrollados y caminos rurales. Estudio del Planeamiento en la Costa del Sol Occidental. 1995. C. Lanzat, F. Galacho y R. de Lacour y F. Galacho.



Fig. 4. Representación gráfica de la biodiversidad en el Estrecho de Gibraltar. José María Mora Camacho.

2.3. El modelo Cabo de Gata.

Sin embargo, en el extremo más oriental del litoral mediterráneo andaluz, en la Costa de Almería, coincidió el turismo planificado durante la etapa desarrollista con la política agraria de los pueblos de colonización, precedente de los actuales invernaderos, que son hoy exponente de la agricultura intensiva a nivel europeo, de fuerte impacto por su aspecto y por el deterioro del sustrato. Realmente la tecnificación ha producido deslocalización y desafectación del medio, consumo imparable de suelo y una trama policéntrica. Dentro de esta costa, en su extremo de poniente se encuentra Cabo de Gata, el mayor espacio natural protegido vinculado al litoral mediterráneo, preservado por su aislamiento, que se encuentra hoy en un dilema entre protección ambiental, turismo y cultivos bajo plástico; a pesar de que muchos de los invernaderos resultan ilegales y perjudiciales por los residuos contaminantes y la erosión que produce sobre los frágiles ecosistemas.

Por tanto, en los modelos ambientales de puesta en valor de espacios naturales, como el de Cabo de Gata, las transformaciones llegan al intentar compatibilizar la preservación con la subsistencia económica y social del territorio. Al estar sometido a presiones turísticas internas y agrícolas en sus bordes de delimitación, el mayor peligro de transformación de sus condiciones singulares viene por la sobreexplotación de los recursos naturales.

2.4. Comparativa de modelos

Encontramos entonces una primera diferencia sustancial en la afectación de las infraestructuras hacia los espacios naturales. En los modelos turísticos recientes, caracterizados por la baja densidad, y por tanto por un consumo de los espacios varias veces superior al de los fenómenos urbanos convencionales, el límite de crecimiento lo impone físicamente el propio sistema de conexiones, como

la red viaria de circunvalación (autopista) para acotar espacialmente su dominio en una banda comprendida entre el borde marítimo terrestre y la autopista. El resto será espacio natural por exclusión que estará, salvo contadas excepciones, más alejado del mar y en una posición periférica respecto de los núcleos de actividad litoral.

En los modelos ambientales, sin embargo, el límite para el espacio natural costero está marcado por la propia delimitación de la figura de protección, como pueda ser la de Parque Natural. La simple declaración de un ámbito como espacio natural protegido le confiere una limitación a la explotación de los recursos y a la organización productiva de su estructura poblacional, alterando con ello las dinámicas evolutivas consustanciales. El cuestionamiento de los parámetros de preservación hace replantear la esencia de naturalidad que posee previamente el espacio, e introduce indefectiblemente una nueva situación de artificialidad naturalizada.

2.5. Las comunicaciones en los espacios naturales litorales.

La dependencia tanto en el modelo turístico como en el ambiental es manifiesta respecto del medio físico. Ahora bien, el comportamiento en red lleva a entender el espacio como un sistema de relaciones en el que priman las conexiones, y en el que los recorridos se miden en tiempos (temporalidad frente a distancia). La adopción de esta nueva morfología social, en términos de Manuel Castells [6], se dará más en el caso turístico que en el ambiental.

En una primera aproximación regional, analizando el sistema general de parques naturales andaluces en las últimas cuatro décadas se comprueba que el de Cabo de Gata, junto a Doñana y Bahía de Cádiz, ha aumentado considerablemente su dinámica demográfica, destacando por encima del resto. Esto ha sucedido a pesar de que se trata de un territorio de muy baja densidad y afectado por la falta de comunicaciones, lo cual da idea de su potencial desarrollo.

La franja litoral de toda Andalucía se ensancha en los ámbitos marcados por la presencia de los Parques de Doñana y Cabo de Gata. En estos dos parques, paralelamente al alto valor natural de sus espacios, se dan los mayores problemas de interconexión municipal al carecer de la continuidad e intensidad necesarias para sus relaciones interurbanas. De este modo el aislamiento que en origen propició la preservación natural se está manifestando hoy en día como factor determinante para su hipotético desarrollo, al afectar al sistema de relaciones y comunicaciones. (Fig. 5).

2.6. Las infraestructuras de la red

El consumo de espacio, como parámetro indicador de la sostenibilidad de un modelo, se consideraba motor fundamental de la alteración espacial. Así, la Costa del Sol se explicaba como proceso espacial a partir de una acelerada transformación de un medio físico en un corto periodo de tiempo. Sin embargo, no es menos cierto que subyace en esos procesos un mecanismo latente vinculado inexorablemente a las vías de llegada al territorio, la red infraestructural de autovías y autopistas por vía terrestre [7] y de aeropuertos por vía aérea, que han permitido el desarrollo de un modelo lineal periférico. Por tanto son estas inversiones públicas las verdaderas catalizadoras del proceso.

Lo que en un primer estadio atrae a clases elitistas por el restringido acceso a un paraíso semioculto, -las dificultades orográficas impiden los accesos terrestres otorgando al territorio carácter de insularidad-, rápidamente genera un efecto llamada para el turismo de masas asociado al clima (sol y playa), una demanda de mejora en las comunicaciones y la movilidad opera entonces haciendo accesible el territorio para el uso popularizado del automóvil privado, precisamente llamado turismo.

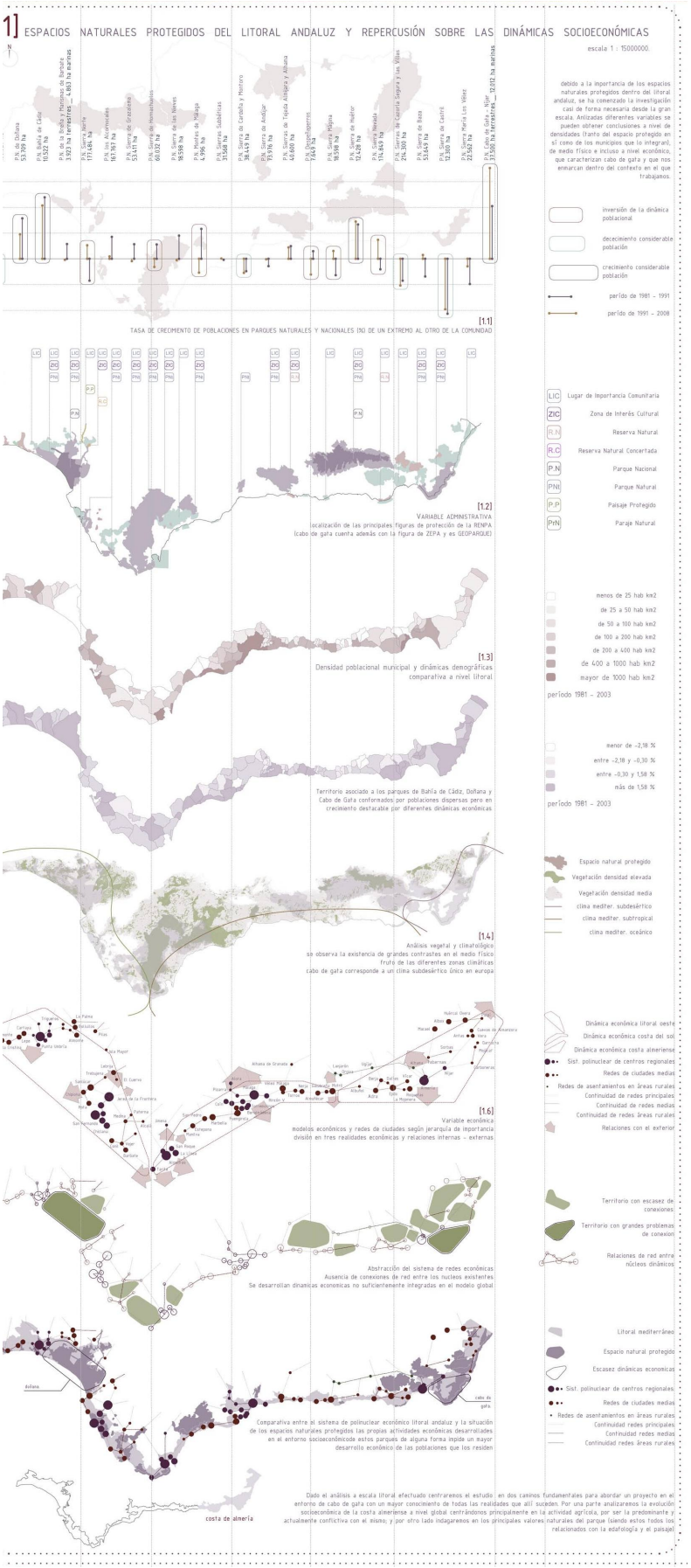


Fig. 5 Espacios naturales protegidos del litoral andaluz y repercusión sobre las dinámicas socioeconómicas. José Carlos Fernández Martínez.

3. Conclusiones.

Dentro de los distintos grados de desarrollo detectados en el litoral andaluz, con sus casuísticas y evoluciones, encontramos que la Costa del Sol se complejiza con la actividad comercial y terciaria basada en las infraestructuras, mientras en la costa de Almería coexiste el turismo con la agricultura intensiva y en el Estrecho de Gibraltar convive con usos industriales o portuarios. En todos los modelos la accesibilidad resulta esencial para tratar su viabilidad en clave de sostenibilidad.

En todos estos casos los espacios naturales interfieren en los crecimientos y en la articulación del territorio por las comunicaciones. Los nuevos corredores viarios y ferroviarios representan auténticas oportunidades para la accesibilidad a los espacios naturales. Si bien Cabo de Gata supone un hito en la recuperación de espacios naturales del litoral, a la vez supone un reto para vertebrar el territorio, ofreciendo las claves para proponer alternativas de futuro, correctoras de desequilibrios ambientales e infraestructurales, empleando transportes colectivos como elemento de cohesión social y territorial.

Con ello se obtendrán nuevas oportunidades para el paisaje de los espacios naturales del litoral mediterráneo, regulando las consecuencias negativas de su delimitación como ámbito de protección, amortiguando los acentuados desequilibrios entre distintas zonas del litoral y poniendo en funcionamiento, en definitiva, operativas propositivas que conviertan los ambientes naturales en espacialidades alternativas de calidad.

Agradecimientos.

Este texto se realiza a partir de la coordinación de investigaciones sobre intervención arquitectónica en el litoral andaluz realizadas en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Granada durante los últimos años, que se han abordado desde la asignatura Proyectos 3 del Área de Proyectos Arquitectónicos y, en especial, desde la temática de proyecto fin de carrera denominada Propuestas arquitectónicas en la costa del litoral andaluz, dentro de la cual se han realizado numerosas investigaciones. Para este texto se han empleado datos obtenidos en las investigaciones de Antonio Jesús Palacios Ortiz, Manuel Eliberto Luque Guerrero, José María Mora Camacho, María del Mar González Dueñas, José Carlos Fernández Martínez y Pablo Arboleda Gámez, que han sido realizadas en ámbitos de la Costa del Sol Occidental, Costa del Sol Oriental, Estrecho de Gibraltar, Campo de Dalías, entorno de Cabo de Gata e interior de Cabo de Gata, respectivamente.

Referencias.

[1] GARCÍA VÁZQUEZ, CARLOS. Análisis del Territorio 2. Costa del Sol: asentamientos. En Costa del Sol: Arquitectura, Ciudad y Territorio. Inédito. Convocatoria de Ayuda a Programas de Investigación en materia de arquitectura y vivienda. Consejería de Vivienda y Organización del Territorio. Junta de Andalucía, Sevilla, 2006-2008.

[2] REINOSO, RAFAEL. Cronología de un invento. En 020404 Deriva en ZoMeCS, Rizoma, Málaga, 2004. Pág. 215.

[3] LOREN, MAR. La Costa del Sol como sistema de diferencias, El conglomerante residencial. En Costa del Sol: Arquitectura, Ciudad y Territorio. Inédito. Convocatoria de Ayuda a Programas de Investigación en materia de arquitectura y vivienda. Consejería de Vivienda y Organización del Territorio. Junta de Andalucía, Sevilla, 2006-2008.

[4] GARCÍA MANRIQUE, EUSEBIO. Turismo y agricultura en la Costa del Sol malagueña. Revista de Estudios Regionales, VI, 1985-86. Págs. 81-96.

[5] SERRANO, EDUARDO (Rizoma). La relación todavía no pensada entre turismo y territorio, en Archipiélago Cuadernos de Crítica de la Cultura nº 68 Clase Turista, Madrid, 2005. Págs. 59-68.

[6] CASTELLS, MANUEL. La ciudad informacional. Tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional, Alianza Editorial, Madrid, 1995.

[7] GONZÁLEZ, PLÁCIDO. Propuesta. Costa del Sol-AP7. Antecedentes, presentes y futuros. En Costa del Sol: Arquitectura, Ciudad y Territorio. Inédito. Convocatoria de Ayuda a Programas de Investigación en materia de arquitectura y vivienda. Consejería de Vivienda y Organización del Territorio. Junta de Andalucía, Sevilla, 2006-2008.



TICs

ICTs

TICs

Blind Signal Separation for EEG signals

O. Chakkor[1], Carlos G. Puntonet, M. Essaadi, O. Aghzout, N. Raissouni

[1] Innovation & Engineering of Telecommunication-Group
[1] Resp. Machine Learning for Signal Processing-Unit, University of Abdelmalek Essaadi, Morocco
Otman.chakkor@uae.ma

Abstract. Blind Signal Separation is the task of separating signals when only their mixtures are observed. The process is often termed "blind", with the understanding that both source signals and mixing procedure are unknown.
Typically, the observations are obtained at the output of a set of sensors, each sensor receiving a different combination of the 'source signals'. The adjective 'blind' stresses the fact that i) the source signals are not observed and ii) no information is available about the mixture.
In this paper, we use the mixed EEG signals (from 19 EEG signals with clear heart, eye movement and eye blinking artifacts) and then we try to separate those signals from their mixtures, and finally, we evaluate and compare the performance of the algorithms : FPICA, SOS.

Keywords: Blind Signal Separation (BSS), Independent Component Analysis (ICA), EEG signals, HOS.

1. Introduction

Independent component analysis (ICA) and blind source separation (BSS) are related data analysis problems that have received considerable attention in the machine learning community during the last few years.

Independent component analysis (ICA) and blind source separation (BSS) refer to the problem of recovering statistically independent signals from a linear mixture. There is a variety of situations where we observe signals that originated as combination of independent processes or sources. Here are just a few examples:

Cocktail-Party-Problem: Sound amplitudes in a acoustic environment add up linearly. Multiple sound sources such as speakers, music or noise sources are measured by the microphones as a mixture. The question is, how can one recover the individual speakers?

2. EEG signals

Applications of ICA show special promises in the areas of non-invasive human brain imaging techniques to delineate the neural processes that underlie human cognition and sensori-motor functions. To understand human neurophysiology, we rely on several types of non-invasive neuroimaging techniques: EEG, MEG, and functional MRI (fMRI). While each of these techniques is useful, there is no single technique that provides both the spatial and temporal resolution necessary to make inferences about the intracranial brain sources of activity.

The application of ICA in brain imaging has two purposes: noise reduction and location detection of brain activation EEG stands for Electroencephalogram. It senses electrical impulses within the brain through electrodes placed on the scalp and records them on paper using an electroencephalograph. It is a recording of brain activity, which is the result of the activity of billions of neurons in the brain. EEG can help diagnose conditions such as seizure disorders, strokes, brain tumors, head trauma, and other physiological problems.

A common problem with EEG data is contamination from muscle activity on the scalp. It is desirable to remove such artifacts to get a better picture of the internal workings of the brain.

In this paper we will focus on removing such muscle artifacts (Eye artifacts, Rear head artifacts, Muscle artifacts**)** from recorded EEG data using Independent Component Analysis. Figure 1.1 shows a typical EEG recording.

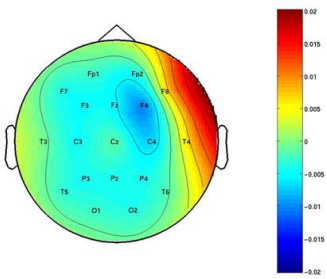


Fig1 :Topographical view of the brain showing the intensity of EEG recordings at a time instant

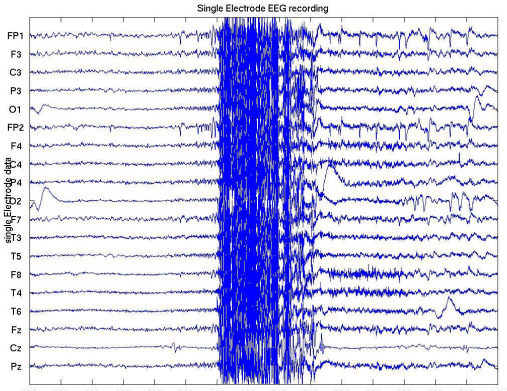


Fig2 : Typical EEG recording unsing an electroencephalograph

3. Independent Component Analysis (ICA)

Independent Component Analysis, as the name implies, can be defined as the method of decomposing a set of multivariate data into its underlying statistically independent components.

Under this model, we observe n random variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$ etc which are linear combinations of n random latent variables $s_1, s_2, \ldots, s_n$ as:

$$x_i = a_{i1}s_1 + a_{i2}s_2 + \ldots + a_{in}s_n \text{ for all } i = 1, \ldots, n$$

where a_{ij}, $j = 1, \ldots, n$ are some real coefficients. By definition, the sources s*i* are *statistically independent*. The "latent variables" are the sources, s_i, which are also called the independent components. They are called "latent" because they cannot directly be observed. Both the independent components, s_i, and the mixing coefficients, a_{ij}, are not known and must be determined (or estimated) using only the observed data x_i.

The multivariate data may be obtained from a number of sources such as:

- Audio signals such as the cocktail party problem introduced earlier, where ICA is used to separate individual speaker recordings from several microphones.
- Biomedical data like Electroencephalogram (EEG) and Magneto encephalogram (MEG) where the goal is to remove interfering muscle artifacts such as eye blinks and head movements.

The **ICA** latent variables model is better represented in matrix form. If $\mathbf{S} = [s_1, s_2, s_3, \ldots, s_n]^T$ represents the original multivariate data that is transformed through some transformation matrix **H** producing **X** such that: $\mathbf{X} = \mathbf{HS}$.

Then ICA tries to identify an unmixing matrix **W** such that: $\mathbf{W}=\mathbf{H}^{-1}$ so that the resulting matrix **Y** is: $\mathbf{Y} = \mathbf{WX} = \mathbf{W(HS)} = \mathbf{S'} = \mathbf{S}$ (since $\mathbf{W}= \mathbf{H}^{-1}$)

As stated earlier, the only thing ICA demands is that the original signals $s_1, s_2, \ldots s_n$, be at any time instant t *statistically independent* and the mixing of the sources be linear.

An important preprocessing step before sending the data through the ICA algorithm is whitening. Whitening is weaker than statistical independence but slightly stronger than uncorrelatedness. Whiteness of a zero-mean random vector, e.g. **x**, means that its components are uncorrelated and their variance equals unity. That is, the covariance matrix of **x** equals the identity matrix **I**: $E\{\mathbf{xx}^T\}= \mathbf{I}$.

For our mixed data, **X**, whitening means that we linearly transform it by multiplying with

a matrix (say **V)** such that the resulting matrix, **Z**, is white:

$\mathbf{Z} = \mathbf{VX} = \mathbf{V(HS)} = \mathbf{H'S}$

An important result of whitening is that the new mixing matrix, **H'**, is orthogonal (i.e. its inverse is equal to its transpose). Whitening alone does not ensure statistical independence of **X** but, as we will see in the next section, it plays an important step in the separation process. It is sometimes also called sphering.

Using the FastICA algorithm in Matlab is an easy and efficient way of using ICA on data.

One can perform FastICA on the data, without further restrictions. The algorithm then returns a number of independent components, as much as the dimension of the dataset, i.e. the number of measurements. FastICA first whitens the data before estimating the independent components. This is useful, because whitening transforms the mixing matrix in an orthogonal matrix, which has much less elements to be estimated. Furthermore, whitening gives us the eigenvalues of the data, which provide a measure of determining the importance of certain directions of the data.

4. Conclusion

As we can see in the figures bellow, ICA effectively removes artifacts and separate the sources of the brain signals on the basis of minimal suppositions on their underlying distributions and further decomposes the remained mixed signals into subcomponents that may reflect the activity of functionally distinct generators of physiological activity.

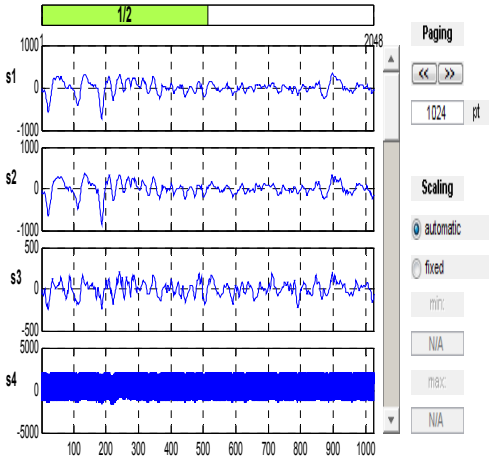


Fig 3 Mixed EEG signals

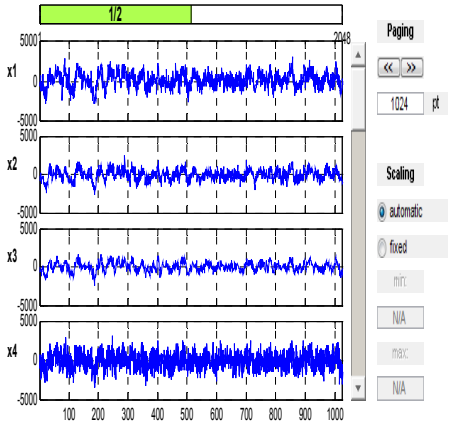
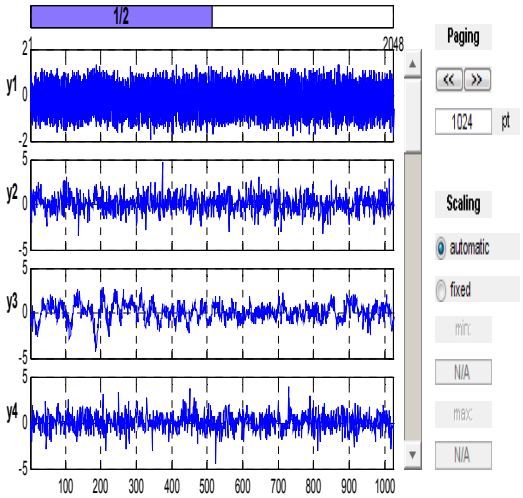


Fig 4: EEG signals Sources



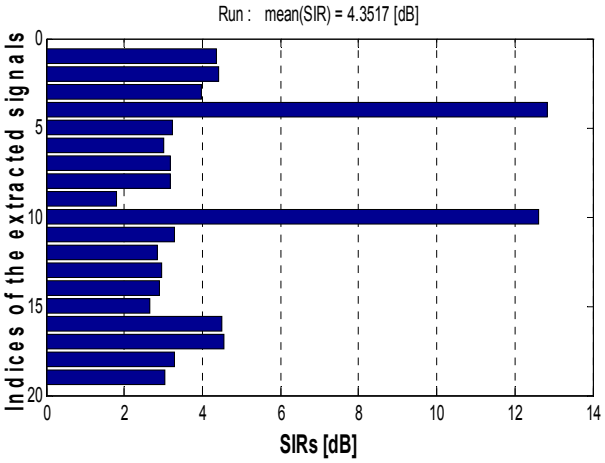


Fig 6: Indices of the Extracted EEG signals

References

[1] Te-Won Lee, Anthony J. Bell, and Russell H. Lambert,"Blind separation of delayed and convolved sources," in Advances in Neural Information Processing Systems. 1997, vol. 9, pp. 758–764, The MIT Press.

[2] Shun ichi Amari, Scott C. Douglas, Andrzej Cichocki, and Howard H. Yang, "Novel on-line algorithms for blind deconvolution using natural gradient approach," in SYSID-97. Kitakyushu, Japan, July 8–11 1997, pp. 1057–1062.

HOS-based method for Audio Signal Separation

O.chakkor[1], Carlos G.Puntonet, M.Essaadi, O.Aghzout, N.Raissouni

[1] Innovation & Engineering of Telecommunication Group
[1] Resp. Machine Learning for Signal Processing-Unit
Otman.chakkor@uae.ma

Abstract. It is assumed that the sources are completely unknown. However, in many cases of time series separation there exists some a priori knowledge on the behavior of the sources. This is the case especially, when the data is collected in a controlled experiment.
Blind signal separation (BSS) and independent component analysis (ICA) are emerging techniques of array processing and data analysis, aiming at recovering unobserved signals or 'sources' from observed mixtures (typically, the output of an array of sensors), exploiting only the assumption of mutual independence between the signals. The weakness of the assumptions makes it a powerful approach but requires to venture beyond familiar second order statistics.
In this paper, we use the mixed audio signals recorded by four microphones and then we try to separate those signals, and finally, we evaluate and compare the performance of the algorithms : FPICA, SOS for audio signals.

Keywords: HOS, Blind Signal Separation, Principal Component Analysis, Independent Component Analysis

1. Introduction

Audio source separation could be the basis for many applications including telecommunications, quality enhancement of audio recordings, speech or speaker recognition and audio classification tasks Blind Signal Separation is the task of separating signals when only their mixtures are observed.

Recently, Independent Component Analysis has become a favorite method of researchers for attacking this problem. Independent Component Analysis, or ICA, is a new technique for visualizing measured data.

Appropriate data representation is necessary for the extraction of important information that is hidden in the measurements. Feature extraction and data reduction are two of the most important results of ICA that enable the application of the technique in many different fields of engineering. This report presents the theory and practical application of ICA in a way that is easy to understand for engineers from various kinds of expertise and works towards a step-by-step guideline for practical usage of ICA.

By BSS (Blind Source Separation) we mean separating unknown source signals that are mixed together and where the only observed variables are the mixtures. This is often referred to as the "Cocktail-party problem". We look at the separation of speech where two people are talking

simultaneously. For this we need to sample two mixtures since we have two degrees of freedom. If three person are to be separated we would need to record three mixtures and so on.

Blind source separation (BSS) algorithms for time series can exploit three properties of the source signals: nonwhiteness, nonstationarity, and nongaussianity. While methods utilizing the first two properties are usually based on second-order statistics (SOS), higher-order statistics (HOS) must be considered to exploit nongaussianity.

2. Theory of Independent component analysis

ICA assumes a data model that states that a collection of measurements originate from a number of independent sources that are linearly mixed. Based on higher order statistical properties of the measurements, ICA is able to estimate these independent sources or Independent Components (ICs) very accurately. It turns out that ICA is able to separate linearly mixed data from any distribution, but the Gaussian. This being nongaussian is what enables ICA to find the ICs.

In order to solve a problem, it is most important to have a throughout understaning about it. A good way of doing this is to visualize the problem. Let us see how we can do that with ICA.

We start with the model in (1), for convenience displayed below again:

$$x = A.s \qquad (1)$$

where x is a vector of mixtures x1,…,xn, s the vector of independent components s1,…,sn,

and A is the mixing n x n matrix with elements aij. This model is known as the noise-free ICA model. It is a latent variable generative model. This means that it describes the generation of the observed data with very little knowledge about its variables. In fact, only the observed data, x is known and both A and s are unknown. One can imagine that it will be a very demanding task to determine both A and s from the observed data only.

We need to retrieve much information from the observed data.

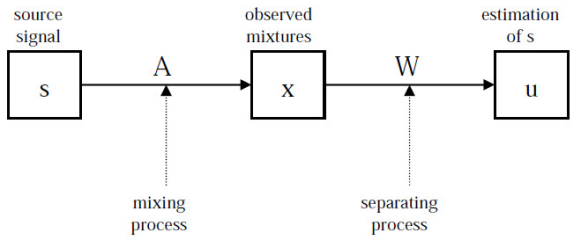


Figure 1: Blind source separation model.

2.1 Preprocessing for ICA

Some measures can be taken to enhance the performance of the ICA algorithm. Preprocessing of the mixed signals is a quite simple way to improve the results.

2.1.1 Centering

The most basic preprocessing is to center x, i.e. subtract its mean vector m= E{x} to make x a zero-mean variable. This implies that s is zero-mean as well and this preprocessing is made solely to simplify the ICA algorithms. After estimating the mixing matrix A with the centered data the estimation can be completed by adding the mean vector of s back to the centered estimates of s. The mean vector of s is given by A−1m

2.1.2 Whitening

A useful preprocessing strategy in ICA is to whiten the observed variables. Before the application of the ICA algorithm (and after centering) the observed vector x is transformed linearly so that a new vector ˜x is obtained. The new vector ˜x is white, i.e. its components are uncorrelated and their variances equal unity.

The whitening transformation is always possible. One method for whitening is to use the eigenvalue decomposition (EVD) of the covariance matrix E{xxT } = EDET , where E is the orthogonal matrix of eigenvectors of E{xxT } and D is the diagonal matrix of its eigenvalues, D = diag(d1, ..., dn).

Whitening reduces the number of parameters to be estimated. Instead of having to estimate the n2 parameters that are the elements of the original mixing matrix A, we only need to estimate the new, orthogonal mixing matrix ˜A. The orthogonal matrix contains only n(n − 1)/2 degrees of freedom.

Higher –order (HOS) methods use information on the distribution of x that is not contained in the covariance matrix. In order for this to be meaningful, the distribution of x must not be assumed to be Gaussian, because all the information of (zero-mean) Gaussian variable is contained in the covariance matrix. For more general families of density functions, however, the representation problem has more degree of freedom. Thus much more sophisticated techniques may be constructed for non-Gaussian random variables.

Indeed, the transform defined by second-order methods like PCA (principal component analysis) is not useful for many purposes where optimal reduction of dimension in the mean-square sense is not needed. this is because PCA neglects such aspect of non Gaussian data as clustering and independence of the components (which, for non-Gaussian data, is not the same as uncorrelatedness).

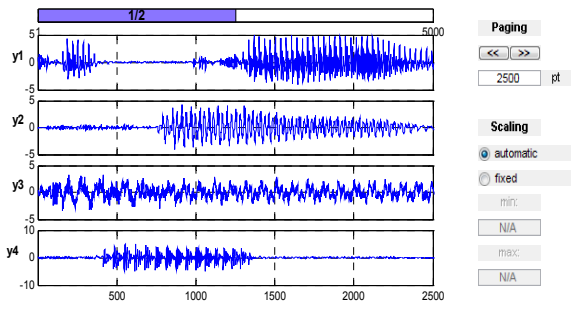


Fig 2 : Source Signals

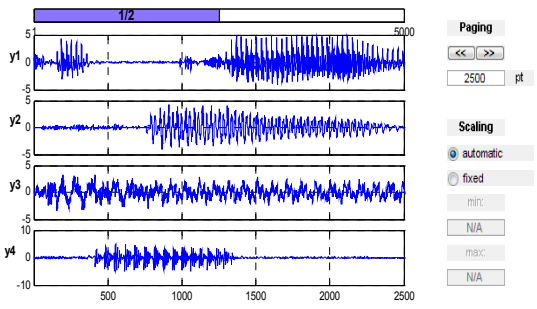


Fig3 : Estimated Source Signals

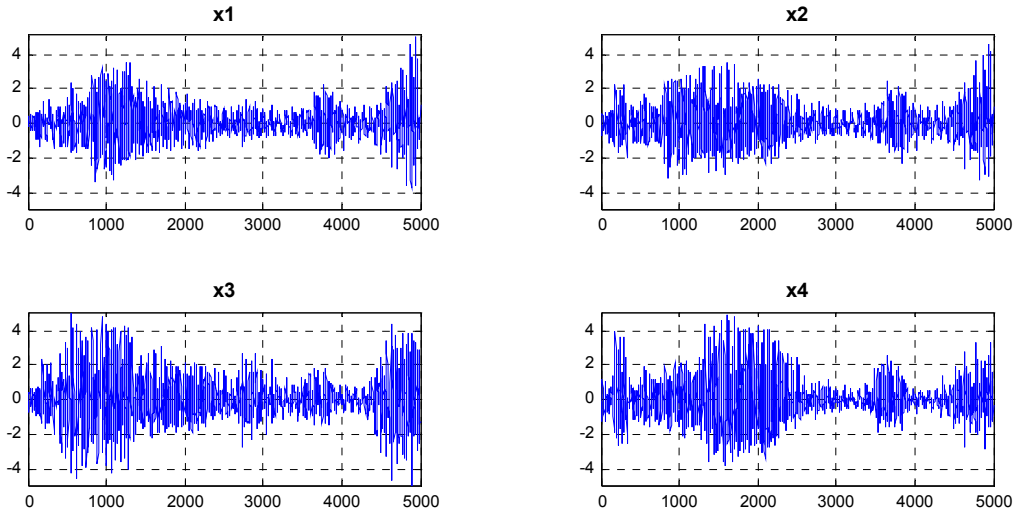


Fig 4 : Mixed Signals

3. Conclusion

In this article, the concept of ICA was explained, the given explanations should be sufficient to understand and use the FastICA algorithm in any audio signal separation.

References

[1] R. Boscolo, H. Pan, and V. P. Roychowdhury. Independent component analysis based on nonparametric density estimation. IEEE Transactions on Neural Networks, 15:55{64,2004.

[2] A. Hyv arinen. New approximations of differential entropy for independent component analysis and projection pursuit. Advances in Neural Information Processing Systems,10:273{279, 1998.

[3] A. Hyvarinen, J. Karhunen, and E. Oja. Independent Component Analysis. John Wiley & Sons Inc, 2001.

[4] Gebus S, Lorillard S & Juuso E, Defect Localization on a PCB with Functional Testing. 44 p. May 2002. ISBN 951-42-6731-1.

[5] Saarela U, Leiviskä K & Juuso E, Modelling of a Fed-Batch Fermentation Process.23 p. June 2003. ISBN 951-42-7083-5.

[6] Warnier E, Yliniemi L & Joensuu P, Web based monitoring and control of industrial processes. 15 p. September 2003. ISBN 951-42-7173-4.

[7] Van Ast J M & Ruusunen M, A Guide to Independent Component Analysis –Theory and Practice. 53 p. March 2004. ISBN 951-42-7315-X.

Development of an Environmental Database and a Geographic Information System on the abandoned Mine of Kettara (Morocco)

A, Khalil[1 2], L, Hanich[1] and R, Hakkou[2]

[1] Laboratory of Georesources, Department of Earth Sciences, Cadi Ayyad University, Avenue Abdelkarim Elkhattabi, Gueliz, B.P. 549 - 40000, Morocco, E-mail: khalil.abdessamad@gmail.com & hanich@fstg-marrakech.ac.ma

[2] IDRC Research Chair in Management and Stabilization of Mining and Industrial Wastes, Cadi Ayyad University, Avenue Abdelkarim Elkhattabi, Gueliz, B.P. 549 - 40000, Morocco
E-mail: rhakkou@fstg-marrakech.ac.ma

Abstract. The abandoned pyrrhotite ore mine of Kettara in Morocco contains more than 3 million tons of mine wastes that have been deposited on huge area without any concern for environmental issues. The exposure of these mine wastes for more than 26 years to ambient air has led to the formation of Acid Mine Drainage (AMD) that affects the surrounding ecosystems as well as the people living near the mine site. This study was conducted to develop an Environmental Geographic Information System (E-GIS) on the Kettara mine site. The objective of this work is to collect and provide all the information about the environment of the abandoned mine site. These information will serve in taking decision about the rehabilitation of the site. The research methodology is essentially composed of five main stages: (i) designing conceptual database model; (ii) collecting data and information; (iii) preprocessing the collected data and information; (iv) developing the E-GIS; (v) verification and validation of the created E-GIS.

Keywords: Mine environment, Geographic Information System, Remote sensing, Kettara Mine Site.

1. Introduction.

Mining industry has been and will remain one of the important fields of the Moroccan economy. However many old mine sites have been abandoned without the implementation of a proper closure plan. Therefore, they have generated an important quantity of contaminants that have influenced the surrounding environment. Acid Mine Drainage (AMD) is one of the biggest environmental problem that affects these abandoned mine sites in Morocco. For example the leachate from Kettara mine site is rich of sulfate, iron and soluble heavy metals. This leachate has the potential to contaminate the water resources [1].

Geographic Information System (GIS) and remote sensing (RS) are powerful tools and have great promise for use in environmental problem solving. In this context, these technologies were used for the benefit of environmental problem-solving and they were applied for the development of E-GIS on the Kettara mine site. This system will help decision makers to describe, understand, and forecast how the mine wastes can affect the surrounding area of the mine site. Also it can be used as a Decision Support System (DSS) for a possible rehabilitation program for the mine site.

2. Data and Methodology.

2.1. Description of the Study Area.

The pyrrhotite ore mine of Kettara located approximately 35 Km northwest of Marrakech, in the core of the central Jebilet mountains (Fig.1) is a real example of abandoned mine sites. During the mining operation from 1964 to 1981, the mine produced more than 3 Mt of mine waste rock and tailings that contain sulfide minerals, and that have been deposited over an area of 16 ha [2]. These sulfides minerals react continuously with atmospheric oxygen and water and they have produced.

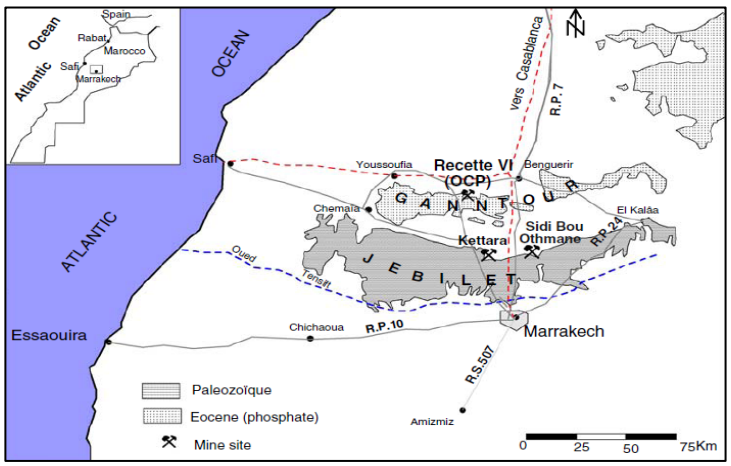


Fig. 1 Location and simplified geological map area of the study [1].

2.2 Data Products Used in the Study.

The data products were: topographic map of 1:50.000 scale, geologic map of 1:200.000 scale, 30m ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) digital elevation model (DEM), Landsat TM (Landsat Thematic Mapper) satellite image, weather data (sourced from the weather station of Saada) and a groundwater sample measurements published in recent research.

2.3 *Methodology.*

2.*3.1 Environmental Database Design.*

The environmental database scheme was designed in a way that allows gathering and organizing a wide range of information that decision makers will need. In this sense the approach used in this research requires all the information and data related to the mine environment (topography, geology, landscape, hydrology and hydrogeology). The developed database scheme, consisting of entities and attributes, was illustrated using unified modeling language (UML), diagram as shown in Fig.2.

This is a general form of data modeling that can be applied to supervise the environment of any abandoned mine. The database model was constructed on a relational structure as it can be seen in the UML diagram (Fig.2). For this reasons a group of relations were defined between entities by using primary and foreign keys. For example, in Subcatchments table subcatchmentID is unique for each object. Therefore, it is the primary key of the Subcatchments table and it was included as a foreign key in other tables. Subcatchments table is related to stream networks table by subcatchmentID key. A subcatchment can contain many streams, while a stream can exist only in one subcatchment. Therefore, the relation between subcatchments and stream networks was defined as 1 to N relation.

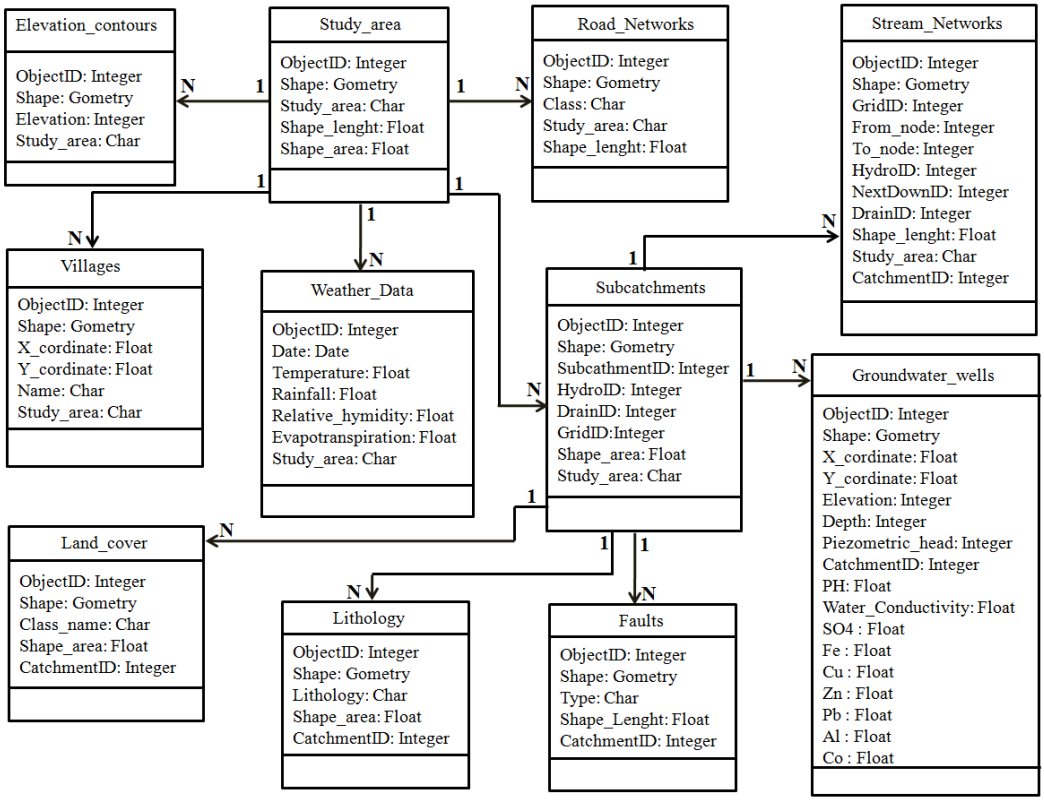


Fig.2. Unified modeling language (UML) diagram illustrating attributes, entities, and relations.

2.3.2 Data Preprocessing.

The 1:50.000 scaled geological map, and the 1:200.000 scaled topographical map of the study area, were scanned for original and unfolded colored sheets, then they were imported to the ArcGIS software package environment where they were georeferenced. The projection system in this study was defined as Lambert Nord Maroc. Road networks, villages, lithology, and faults vector maps were elaborated from the georeferenced topographic and geologic maps by applying the digitizing method on screen using ArcMap application of the ArcGIS software.

The input data for the subcatchments and stream networks delineation were a 30m DEM of the study region and a data set containing streamlines digitized from 1:50.000 topographical map. GIS analysis was undertaken using ArcGIS 9.3, and ArcHydro extension from the centre for research in water resources at the University of Texas (ArcHydro 2009). DEM was used also to provide the elevation contours vector map for the study region by using the Spatial Analyst extension of the ArcGIS software.

Land cover map was elaborated by using ENVI software (version 4.4). The input data was a Landsat TM satellite image. Supervised classification was used as a processing method for the satellite image. It was carried out on the basis of Region of Interest (ROI), where the training areas (collected during field investigation) were region of terrain with known properties or characteristics. Land cover raster map, provided by ENVI, was converted into a vector map, and then it was exported to Arc GIS environment.

Finally, groundwater wells vector map was carried out by using the ArcMap application of the Arc GIS software. The input data were the geographic coordinates of wells. ArcMap application was used also to add data to the vector maps by adding new columns to the attribute tables.

2.3.3 Environmental Database Development.

The environmental database development was realized using the ArcCtalog application of the Arc GIS software. It was accomplished by three main stages: (i) organize the data into a geodatabase folder; (ii) import the data; (iii) create relationships between entities. The first stage consists of the creation of a geodatabase folder which will include all the data that will be distributed into five defined feature datasets (topography, geology, landscape, hydrology and hydrogeology). The second stage relates to the importation of entities that have been already elaborated into the five feature datasets contained in the geodatabase folder. For example, the catchments and stream networks entities were imported to the hydrology feature dataset. The last stage is creating relationships between entities. Primary keys, foreign keys and the cardinality that were used to accomplish this task had been previously defined in the environmental database design. Once the environmental database development was done, the geodatabase folder was exported to the ArcMap application in order to observe, analyze and query on the data. ArcMap application was used also to edit the database.

3. Results and discussion.

3.1 Topography.

The topography of the study area is a key factor to forecast the flow direction of ground water and even the surface water and consequently the prediction of the pollution dispersion. The DEM of the study area reveals that higher elevation of 580-800 m above mean sea level (msl) is associated with dissected hills and escarpment in the eastern part of the study area where the mine site is located (fig.3).

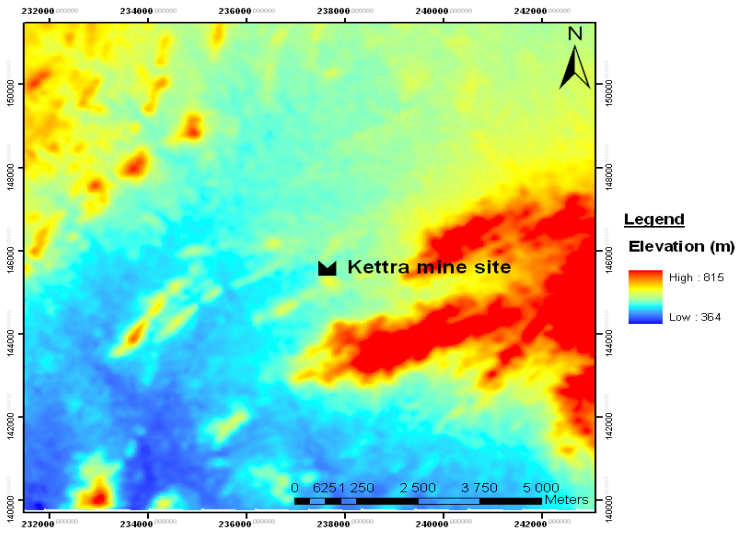


Fig.3. Elevation map of the study area.

The elevation ranging from 480 to 520 m above msl is associated to the northeast part of the study region. The elevation ranging from 400 to 440 m above msl is mainly associated with lower part corresponding to a valley floor in the southeastern part of the study area. According to this analysis, the groundwater flow direction in the study area might be from the northeast to the southwest.

3.2 Geology.

The analysis of the overlaid lithological and faults vector maps show that the majority of the study area is made of schist rocks. This formation occupies nearly 89% of the total geographical area (TGA) of the study area. The other geological formations are acid, basic magmatic rocks and sedimentary rocks. They occupy nearly 11% of the TGA (fig.4).The mine wastes in the study area were deposited on a schistous substratum. According to recent study [3] the schistous substratum is highly fractured and altered. This schistosity provides it permeability and consequently laid to the infiltration of water heavily charged with chemical elements of the AMD toward the subjacent water table.

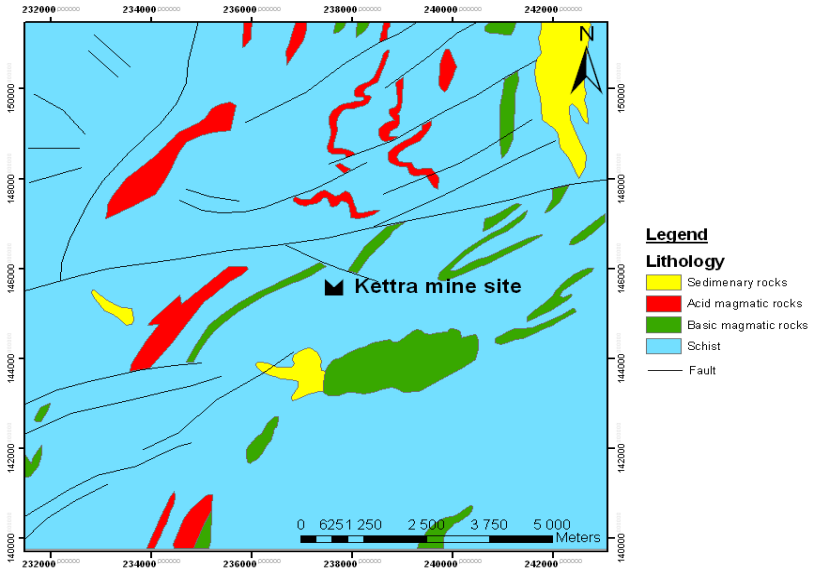


Fig.4. Geology map of the study area.

3.3 Hydrogeology.

Ground water is an essential drinking water source in the Kettara village as well as the surrounding villages. Approximately 100% of the village's water consumption has been supplied from groundwater wells. In this context, the hydrogeological data and results from the chemical analysis of groundwater wells samples within the study area, were stored in the environmental database and they were used to assess the influence of the AMD on the groundwater. GIS techniques were applied to elaborate a piezometric map and to evaluate the spatial distribution of sulfate concentration in the study area. The analysis of (fig.5) reveals that the aquifer in the study area wasn't deep from the surface about 20 m, which made it extremely vulnerable for the pollution. The contour lines of the piezometric map confirm that the groundwater flow direction is from the northeast to the southwest.

Sulfate (SO4) is one of the important water quality parameters. The analysis of the sulfate concentration map (fig.5) shows that the sulfate concentration generally tends to increase in the Kettara village. It reaches high level about 1400 mg/l downstream from the mine waste. The sulfate concentration in this part of the study area exceeds the maximum concentration of 400 mg/l that is required by the World Health Organization (WHO) [4]. The sulfate concentration in the groundwater upstream from the mine waste is normal. Therefore groundwater in this part of the study region isn't polluted with sulfate. According to these results, it's believed that increases in sulfate concentration came from the contamination with the AMD generated by the oxidation of mine waste in the surface,

and then it reaches the aquifer through the schistous permeable substratum. Therefore AMD is a source of pollution for the aquifer of the study area.

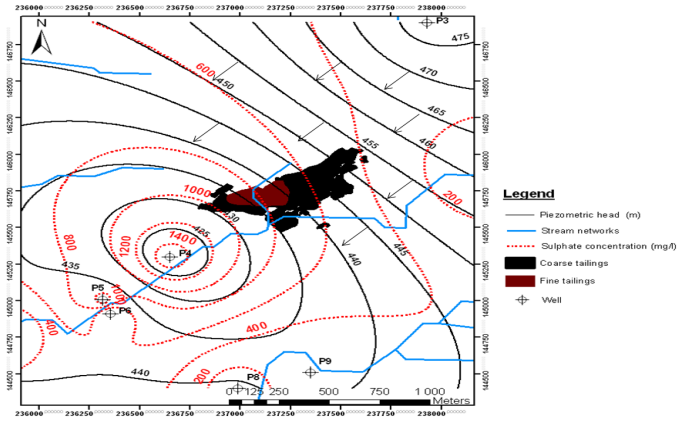


Fig.5. Piezometric map overlaid to the sulfate concentration map of the study area of the study area.

3.4 Hydrology.

The analysis of the overlaid stream networks and subcatchments vector maps (fig.6), reveals that the stream networks draining in the study area is mainly made up by first, second, third, and fourth order stream that were considered as tributaries of the big Tensift river. During a rainfall event, a part of rainwater is drained by these tributaries until the main Tensift river. The other part is evaporated in the atmosphere or infiltrated into the aquifer. During dry periods secondary minerals can be observed in streams in the Kettara mine site. And during a significant rainfall event, the dissolution of these precipitates increases the concentration of SO4 and Al in stream water to value as high as 45 and 4,2 g/l, respectively [5]. Relatively high concentration of heavy metals was associated with secondary minerals: Cu concentration ranged up to 1, 3%, Zn 0, 08%, Co 750 ppm, and As 230 ppm [1].

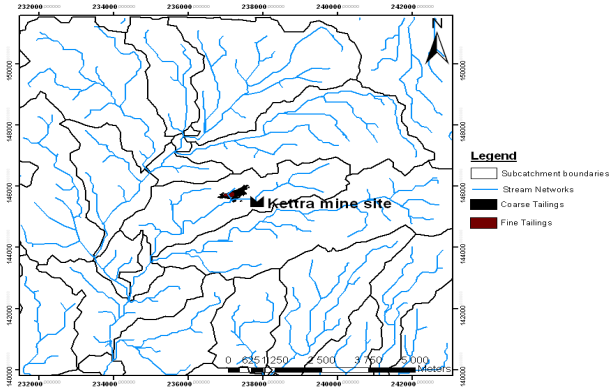


Fig.6. Stream networks and subcatchments map of the study area.

3.5 Landscape.

The analysis of the land cover vector map (fig.7) which presents the distribution of the vegetation cover and the mine wastes in the study area reveals that the deposited mine wastes which generate intensely Acid Mine Drainage threatened the vegetation cover in the southwestern part of the study region. The total vegetation area in this region is essentially formed by croplands. Therefore the

pollution of these lands with contaminates as sulfate and heavy metals through the irrigation by groundwater might led to the degradation of the agriculture activities in the study area.

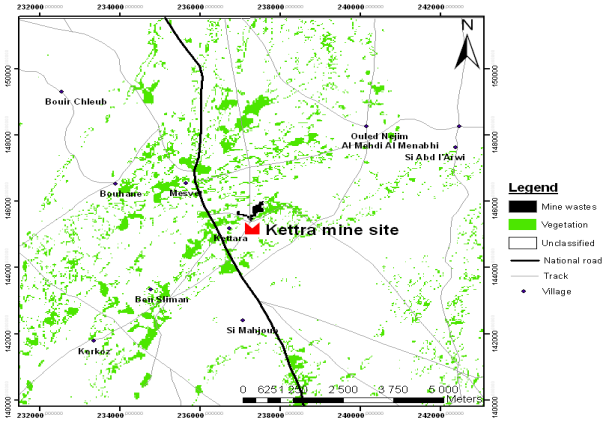


Fig.7. Land cover map of the study area.

3.6 The Climate.

The climate of the study area is classified as semi-arid. Based on the weather data for ten years which was stored in the database, the average annual rainfall was 250 mm/year. The average annual potential evaporation exceeds 2500 mm/year and the average monthly temperatures range from 12 c° in January to 29 c° in July. Dry and rainy seasons were identified to be from June to September and from October to Mai, respectively. Less than 3% of rainfall occurred during the four summer months. Maximum of rainfall can reach 40 mm/day which favors the water flow on the surface and consequently high generation of AMD and transportation of contaminants from the mine site to the surrounding areas.

4. Conclusions.

This research reveals that environmental database, remotely sensed data and the GIS approach can be valuable tools to assess the environmental impact of the abandoned mine sites and their influence on the surrounding ecosystem. Analysis and interpretation of large numbers of interrelated data stored in the environmental database are of great help in management of environmental issues. GIS based approach facilitates the analysis and the manipulation of datasets gathered in the environmental database and explore the relationship between the abandoned mine site and the pollution which has occurred in the study area.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the International Development Research Center IDRC (Canada) for its financial help.

References

[1] R.Hakkou, M.Benzaazoua, B.Bussière, Acid mine drainage potential at the Kettara abandoned mine (Morocco): environmental characterization, Mine Water Environ 27, 2008 (pp.145–159).

[2] R .Hakkou, M. Benzaazoua and B. Bussière, Environmental characterization of the abandoned Kettara mines wastes (Morocco). Post Mining Symposia, Nancy, GISOS, November 2005.

[3] R. Hakkou, A.Kchikach, L.Hanich, Impact des rejets de l'ancienne mine de Kettara (Maroc) sur la qualité des ressources en eau, 12 th Inter regional conference Enviro Water, 2009, on CD Rom

[4] World Health organization (WHO), Guidelines for drinking water quality. Third edition incorporating the first and second, Geneva, 2008, pp.439.

[5] R .Hakkou, M .Benzaazoua, B.Bussière, Evaluation de la qualité des eaux de ruissellement dans la mine abandonnée de Kettara. International Congress (GIRE3D), Marrakech, 2006, (pp 1–5).

Vwikis: Towards a collaborative tool for publishing quality content on the Web 2.0

Boubker Sbihi[1], Kamal Eddine El Kadiri [2] and Noura Aknin [3]

[1] Laboratoire LIROSA, Faculté des Sciences de Tétouan, Morocco, Bsbihi@hotmail.com
[2] Laboratoire LIROSA, Faculté des Sciences de Tétouan, Morocco, Elkadiri@uae.ma
[3] Laboratoire LASIT, Faculté des Sciences de Tétouan, Morocco, Aknin@uae.ma

Abstract. This article is part of a series of scientific researches conducted by our research team and focuses on the quality of information for a collaborative content published on Web 2.0. It aims at dealing with the case of the Wiki tool, one of the two collaborative publishing tools of Web 2.0, with the integration of a static validation of contents before their publication and a dynamic assessment after publication. To this end, we will establish a content validating committee in addition to a monitoring committee that will cover the publishing process from the creation of information to its final elimination or archiving. In this context, and unlike what is happening on wikis, where anyone can publish anything, we assign a measuring indicator to each content which will indicate, based on the number and type of users and their ratings, the quality of information and its sustainability in time. For publishing new content on Vwiki, it must be of good quality and much better than that which exists in addition to the agreement of the validators. To ensure a collaborative richness, Vwiki mixes features of an ordinary wiki, blog and a social network for its community with the ability to post notes and comments; yet, it is under the control of the validating committee. This flexible and inexpensive in time and cost approach will collaboratively and increasingly build quality content by the scientific communities. It subsequently suggests an alternative to editorial policies and economic issues based on the competition of the various search engines to a collaborative referencing and sorting based solely on the information relevance.

Keywords: Web 2.0, Wiki, information quality, static validation, dynamic assessment.

1. Introduction.

With the advent of the twenty-first century, information and communication technologies have covered all the areas of our everyday life, contributing thus to the fulfilment of daily tasks for personal and professional purposes. The Internet does not make the exception. Since it inception, the Internet was considered in the early 90s as a public information system which consists of a set of interrelated multimedia documents by links constituting therefore a World Wide Web known as Web 1.0 [3]. It has become nowadays, and thanks to technological developments, the simplest, easiest, fastest and the most economical to connect, share and disseminate information with zero cost, worldwide. The Internet has evolved at the level of its two components: the container and contents: At the container level: this success is not only due to the technological evolution that has affected the three components namely: hardware, software and communication facilities, but also for purely economic reasons such as lower prices and the emergence of interesting packages in terms of service quality at client hands,

and which is a result of competition in the context of globalization. In terms of content: the Internet has become a mine of ideas and a library of information thanks to large masses of data resulting from the collaboration of millions of users in the context of Web 2.0. This has inversed the position of knowledge in our society. [13]. The collaborative web or web 2.0 proposed by Tim O'Reilly and which has emerged in 2005 [10] was a real breakthrough in the web: The user is no longer considered as a mere consumer of information but rather a potential producer of content and therefore a vital actor in the Web 2.0 feeding [8]. Web 2.0 has given birth to a new economic model based on advertising revenues. It follows that the quality of the broadband wireless services increased and subsequently, the accessibility to the web, regardless of place, time and costs. In the next section, we present the Web 2.0 focusing on seven different concepts and tools, and then outline the basic concepts of the wiki tool in paragraph 3. We will suggest then in Section 4, the concept of Web users classification and information classes produced on a Vwiki, before adding the concepts of static and dynamic validation and assessment of content in order to filter masses of information by the relevant factor in the last paragraph before finishing with an overall conclusion in which we will present a series of perspectives.

2. Web 2.0

Web 2.0 offers a new mode of production, sharing and dissemination of information by enabling users to become producers and co-authors of contents, which can create websites to achieve a collaborative intelligence on the network [10]. Unlike web 1.0, where most of the content is created by professionals and administrators of the Internet, Web 2.0 means more users and no longer considers them as mere consumers of information but rather as potential producer of contents and thus a vital player [8]. According to MacManus, "Web 2.0 is social, open and corresponds to new interfaces and ways to find and access. It is a platform ready for educators, media, politics, communities, and each has a specific content [9]. It generates an unlimited interactivity between the users of the web and helps constructing social communities. Web 2.0 is the result of several technological, social, cultural and economic changes of the Internet [2]. The edge of Web 2.0 is that it allows users to modify and continually renew the content of information, which results in a flexible space in continuous motion. According to Tim O'Reilly [10], this development consists of seven concepts that are:

1. The Web has become a platform of services;
2. Internet users have become producers and co-developers of applications;
3. The service improves when the number of users increases;
4. Wealth is in the data and users benefit from its free cost unlike proprietary data;
5. Taking advantage of collaboration to create collective intelligence by involving users;
6. Create flexible and lightweight interfaces based on the Web's standards and protocols;
7. The openness of the Web on different hardware devices and mobiles enabled software.

Web 2.0 has not only experienced success due to these seven concepts but also through its tools that are simple, easy and often free. The main tools of Web 2.0 are 6 in number and are grouped in the following table:

Tool	Utility
Blog	Publishing and commenting information
Wiki	Collective Intelligence
Social Network	Creation of online communities
Rss Feeds	Regular informational Watch
Tag	Improving and customizing search
Podcast and Videocast	Audio and video file Sharing

Table 1. Web 2.0 tools and their uses

The Web 2.0 tools are rich and very efficient. They do not require installation and have a wide popularity, especially within younger generations. Blogs and wikis [11] have profoundly changed the content of the internet by offering new modes of publishing, communication and simple free sharing. While the first aims at providing a collaborative and a comprehensive platform of communication replacing thus the mails, the second is intended as a complementary tool for collaborative publishing and a space for knowledge exchange and collaborative intelligence in the network. In this perspective, the amount of information will increase significantly and offer the possibility of production, communication, sharing and dissemination of content by users [10]. Actually, wikis, the object of this research are dynamic sites of Web 2.0 that has appeared before Web 2.0 since 1995 by Ward Cunningham. Wikis offer a fairly comprehensive joint platform tools for communication and information management that promotes collaborative action and critical explicit reflexivity, while promoting social interaction [14]. Delacroix defined the wiki as a collaborative tool and a forum which offers the possibility to build gradually structured and organized content [4]. Technically, this is a management system website content making its freely editable web pages without technical difficulty by all visitors allowed [6]. Among the features of a wiki is that it is simple and easy to use and requires no computer or technical knowledge. There is no need for heavy and expensive tools to develop a wiki, it allows the capitalization and the sharing of documents using syntax and keeps track of all changes made and allows you to archive all the successive versions to restore them which is desired. Among its limitations we can mention the poor quality of information, its ambiguity, the fact that anyone can edit the content (misuse), its openness to spam and vandalism, the flexibility of the structure can makes the content disorganized at some point, the lack of a unified syntax (therefore a different syntax of wikis affects transfer and migration), it features a limited import / export option and it has no prior structure as it is built progressively. The best known and the most visited example of the wikis in the world is Wikipedia [1] which is a universal free encyclopedia, multilingual, online, collaborative, written by volunteers and free. Its editorial dynamic is based on few key principles that regulate exchanges [15]:

- The compliance with the rules of etiquette in the process of collective writing;
- The respect of copyright and the Free GNU license.
- The neutral point of view.

The biggest problem of Wikipedia is the relevance of information. Indeed, anyone writes anything and inspections are rare and made at random by visitors, knowing that an attacker can publish erroneous information.

3. The Vwiki

To solve the problem of information quality on wikis, we have to diagnose the existing gaps while trying to propose solutions to overcome them. Managing users and content will be the aspects on which we will focus.In this article we will focus on answering the question "who produces what,

when and how? ". For this reason, we propose a new tool for collaborative publishing extension called Vwiki which will be secure and will incorporates a blog and a social network and publishes only the good information quality and user identification is required. The approach of Vwiki aims at suggesting a tool that overcomes the limitations of the wiki. The differences between an ordinary wiki and a Vwiki are illustrated in the following table:

Wiki	Vwiki
Anonymous user	Identified user
Anonymous information	Identified information
Non validated information	Validated information
No copyright respect	Copyright respect
For personal and amateurish use	Professional use
Syntax not unified	Syntax unified
Neutrality of information	Free information but correct
No structure	Structured

Table 2. Differences between VWikis and Wikis

In this context, we define a Vwiki as a new publishing tool which is an extension of the wiki that is based on the notion of content validation by pairs before publishing on any content. Once content is published, a collaborative assessment by a dynamic community of users is made to see the evolution of its quality over time. Indeed, the origin of Vwiki comes from mixing wiki tool of Web2.0 and the notion of content validation and dynamics evaluation community as advanced by our research laboratory [12]. It aims at giving the search engine basics to sort research on wikis.

3.1 –User Management

On wikis Web 2.0, there is a real cocktail of varied information. It ranges from the most relevant to that which is wrong and incorrect. The democratization of information is that all people are equal, and can connect to read and write articles, confronts the problem of over-information and relevant information. This problem arises from the heterogeneity of users. Indeed, users are not the same age. Moreover, for the same type of user we should not regard:

- The one who produces and the one who only uses as equals.
- The one who produces a lot and the one who produces a little as equals.
- The one who produces the right information and the one who produces the wrong information as equals

Web 2.0, recently, is characterized by a heterogeneous population in addition to an imbalance which is manifested by the presence of a minority that participates irregularly. Non-participation in general is due to the lack of knowledge and training in this area, lack of time, the desire to add value and preserving the privacy of individuals. In addition, there must be appropriate content for young people and women in general. In the context of Vwiki, we cannot consider Vwiki users all the same. There is a wide difference between an expert and an amateur, a minor and an adult... and so on. To this end, we suggest fragmenting Vwikis' users into four groups that are: users who use the information, producers who consume and produce contents, validators who validate the contents and finally the experts who monitor publications. The types of users and their roles on the Vwiki are represented in the following figure:

Actor	Role	Weightings
User	Reads contents	1
Producer	Produces contents	10
Validator	Validates what is produced	50
Expert	Monitors publica	100

Table 3. Categories and weighting of Vwiki's users

We propose creating a committee for information validation, under the responsibility of experts who will be in charge of monitoring, sorting, grading and afterwards, deleting or archiving publications. Certainly, a user can group multiple profiles; he/she may be an expert and a producer or a consumer and a validator.

3.2 – Information Management on Vwiki

The information produced on Vwikis can take several formats such as text, images, podcasts and videocasts. In the context of wikis, we can not consider that all the information generated has the same quality. To this end the information will be classified into five classes and each is affected a weighting on Vwikis as represented in the table below:

Symbol	Information quality	Information significance	Weighting
G	Good	Validated and relevant	100
M	Medium	Validated partially	50
L	Low	Validated under quarantine and corrections	10
I	Inaccurate	Not validated	-1000
C		Notice or comment	

Table 4. Information weighting on Vwikis

By classifying the users and the information produced on Vwikis, we can easily answer the question who produces what, when and how. We can also determine the relevance of the information published. In this context, participation in Vwikis is not limited to reading or producing information, but can also take some other type of participation as the correction or evaluation of content or monitoring of a publication. The Vwikis do not allow anonymous interventions and the poor information quality or replicated information and assigns the identity of the producer, production date and the information class on the contents.

4. Static and dynamic validation of contents

A Vwiki is wiki that integrates a blog featuring posts and comments in addition to a social network that interconnects the community of the latter. It has only good quality information. It is based on the concept of information validation prior to its publication and collaborative assessment by the entire community of users who want to participate after publication.

4.1- Static validation of contents

To validate content on Vwikis, an expert belonging to experts' community, specialized in the field, appoints two validators for each submitted content for publication. Whenever the two validators are favourable to the content, the expert publishes it on the Vwiki. If a validator accepts the publication of the content while the other refuses it, we suggest a third validator specialized in the field to give the last word whether to publish the content or not, but certainly the information, even if published, is either of a medium or a low quality. A user can become a validator if recommended by two experts. This is justified by the fact that it is not enough to determine whether the information is valid or not, but also it should be ranked according to its relevance. What's new on the Vwiki is that it publishes only the accurate information. The producer is known and has, when she/he becomes a user or expert validator, his or her own private access key so that he/she can change the content. Content can be modified only if both validators agree. That means the quality of the content should at least be equal to or better than published one. The problem of static validation is the one of finding good evaluators in the community. Sometimes we could find none or make false judgments. Also, some users, because of

refusing their content may give up publishing on Vwikis and limit themselves to producing in ordinary wikis.

4.2- *Dynamic validation of contents*

To address information quality on Vwikis, its evolution over time must be measured. For this reason, we propose an amelioration of the concept of static validation done by the reading committee in charge of the validation of contents; it consists of a dynamic collaborative evaluation done by users:

- To pick up, in a precise time, the spontaneous dynamic quality of information.
- Consequently, to enable an improvement of searching and sorting according to the relevance.
- To proceed finally to the archiving or the final elimination, thereby overcoming the problem of information overload in the web.

In this context, each content has a weighting that is equal to:

Weighting (content) = sum (user Weighting * information Weighting)

Obviously, to modify a content and replace it, the weighting of the new content must be greater or equal than the old content in addition to the validation of both validators. In this case, the sites will be classified and managed by the experts according to their specialty and classified according to the internal order of relevance by experts, who will publish the accurate information that is neither redundant, nor reproduced, well sorted and validated. They proceed to the elimination of unnecessary information and store the validated information in electronic archives. Each operator or producer on the Vwiki must undergo a secure identification by fingerprints in order to overcome the major problem of the authenticity of users in order to filter information from users and who publishes what. On a Vwiki, the publication of information is done only after the validation of the information or the content and after assigning a digital signature on the submitted information; validators validate the content, so the experts then conduct a follow-up of publications. This new method will provide more security and less piracy and allow a user to be known under his real identity.

5. Conclusion

The major goal of our proposal is to provide a quality Wiki that can serve as a quality tool for achieving collaborative projects or as a tool for teaching and training. It is based on the mix of static and dynamic validation to achieve the objective of guaranteeing a reasonable quality of content in addition to solving the problems of over-information and access rights management. In this context, the information in this new mode will be well identified, well structured, not redundant as when it becomes useless it is archived or removed. This flexible and inexpensive in time and cost approach will help scientific communities to build quality contents collaboratively and increasingly. It will focus on an optimal capitalization of knowledge and collaborative intelligence. As perspectives to our proposal, we can suggest:

- Face recognition tools.
- Tools for automatic summary and synthesis
- Tools to organize brainstorming sessions and create collaborative projects
- Tools for Selective Dissemination of Information

References

[1] Alexa, http://www.alexa.com/siteinfo/http://www.wikipedia.org , [Last access 05.01.11].

[2] J.Anderruthy, Web 2.0 : Révolutions et nouveaux services d'Internet, Editions ENI, (2007).

[3] T.Berners-Lee and R.Cailliau.R [Online],, WorldWideWeb: Proposal for a HyperText Project, (1990), http://www.w3.org/Proposal.html , [Last access 25.11.10].

[4] J.Delacroix, Les Wikis, espaces de l'intelligence collective - M2 Editions, (2005).

[5] I.Devis, "Web 2.0 and all that ". In Internet Alchemy, (2005), [Online], Available: http://internetalchemy.org/2005/07/talis-Web-20-and-all-that, [Last access 15/08/10].

[6] A.bersbach, M.Glaserand R.Heigl, Wiki: Web Collaboration. Springer-Verlag: Germany, 2006.

[7] H.Guillaud, Qu'est-ce que le Web 2.0 ?, internet Actu, september (2005).

[8] F.Hussher and al, Le nouveau pouvoir des internautes, Timée-Editions, (2006).

[9] R.MacManus, Collective Intelligence in Action. Pap/Onl, (2008).

[10] T.O'Reilly, What Is Web 2.0, Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software, O'Reilly Media, Inc, (2005) [Online], Available: http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html , [Last access 06.10.10]

[11] J.Pillou and C.Cousin, Tout sur le Web 2.0, Dunod, (2008).

[12] B.Sbihi, K.El kadiri,K and N.Aknin, The Vblogs: Towards a New Generation of Blogs, International Journal on Computer Science aissues, Vol 3, No 1, (2010).

[13] UNESCO, Vers les Sociétés du Savoir, Rapport Mondial, Paris, Editions UNESCO, (2005) http://www.unesco.org/fr/worldreport , [Last access 11.01.11].

[14] C.Wagner, Breaking the knowledge acquisition bottleneck through conversational knowledge management, Information Resources Management Journal, vol. 19, n°1, (2006).

[15] Wikipédia, http://fr.wikipedia.org/wiki/WP:REG , [Last access 12.01.11].

Towards developing a Reconfigurable Cryptography Coprocessor RCC for Symmetric Block Cipher Algorithms SBCA: Application to Wireless Sensor Networks WSN communication security

S. El Adib and N. Raissouni

National School for Applied Sciences of Tetuan, Abdelmalek Essaadi University.
Innovation & Telecoms Engineering Research Group. Remote Sensing & Mobile GIS Unit.
Mhannech II, B.P 2121 Tetuan, Morocco
adibsamir@gmail.com, nraissouni@uae.ma

Abstract. The market trend of secure products is to offer more users' services and security. Thus, electronic devices must be flexible and reconfigurable in the way they permit executing further algorithms than those designed for. In this paper, in order to encrypt/decrypt data blocks, a Reconfigurable Cryptography Coprocessor (RCC) for Symmetric Block Cipher Algorithms (SBCA) is developed. The SBCA are fast and used for encrypting/decrypting high volume data. The Data Encryption Standard (DES) and Advanced Encryption Standard (AES/Rijndael) are the most popular examples of SBCA. We propose a RCC by using a Systolic Processor (SP) based on: i) Processing Element (PE) array, and ii) Controller with a Finite State Machine (FSM) and a memory. The advantages are: i) provide a solution to compute all matrix format data and ii) the PE array's data path is reconfigurable via the FSM. Finally, the conception and implementation were carried out by using Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description (VHDL) language and Xilinx ISE 7.1 simulator. Performance results are given and compared to existing security circuits with the perspective of Wireless Sensor Network (WSN) communication security especially for gateway part.

Keywords: Reconfigurable Cryptography Coprocessors, AES/Rijndael, DES, WSN.

1. Introduction.

Security of data is becoming an important challenge for a wide spectrum of applications, including communication systems secure storage supports, digital video recorders, smart cards, cellular phones [1]. Most of encryption and decryption models are implemented for specific algorithm. It is easy to implement hardware for a single algorithm. With such models, it is not possible to treat different encryption algorithms [2], furthermore the corresponding market is now oriented towards more flexibility. Thus, electronic devices must be flexible and reconfigurable in the way they permit executing further algorithms than those designed for. The main objective of the present paper is to design a module of a reconfigurable cryptographic coprocessor capable of executing SBCA based on Advanced Encryption Standard (AES / Rijndael) [3,4,5] and using the basic arithmetic and logic operations. AES corresponding specifications (i.e., I /O, communication protocols with other modules cryptographic coprocessor, etc.) have been studied. VHDL and logic synthesis tools have been used to design RCC. RCC Architecture is

based on 4x4 Processing Elements (PE) systolic array [6]; it belongs to the class of the flexible hardware implementations, and allows a user implementing its own cryptographic algorithm under specific conditions. Finally, test results and performance evaluation is presented.

2. Advanced Encryption Standard (AES) algorithm.

An encryption algorithm converts a plain text message into cipher text message which can be recovered only by authorized receiver using a decryption technique. The AES-Rijndael [3,4] algorithm is an iterative private key symmetric block cipher. The input and output for the AES algorithm each consist of sequences of 128 bits (block length). Hence, *Nb* = Block length/32 = 4. The Cipher Key for the AES algorithm is a sequence of 128,192 or 256 bits (Key length), in our environment always 128 bits, is ordered in a similar fashion. The algorithm consists of a single AddRoundKey, using the cipher key, followed by 9 regular rounds each consisting of 4 steps and a final round. The steps of the regular rounds are: Sub Bytes, Shift Rows, Mix Column and AddRoundKey. The final round skips the Mix Column step. Every round requires its own round key. These keys can be generated in advance or one per round by adding an extra round step.

i) Sub Bytes () Transformation: Each input byte of the state matrix is independently replaced by another byte from a look-up table called Sbox [7]. Sbox is a 256-entry table composed of two transformations: First each input byte is replaced with its multiplicative inverse in $GF(2^8)$ [8] with the element {00} being mapped onto itself; followed by an affine transformation over $GF(2^8)$.

ii) Shift Rows () Transformation: Cyclically shifts bytes in each row by a certain offset. First row is left unchanged. Each byte of the second row is shifted one to the left. Similarly, third and fourth rows are shifted by offsets of two and three respectively. In this way, each column of output state of Shift Rows step is composed of bytes from each column of input state.

iii) Mix Columns () Transformation: Operates on the State column-by-column, treating each column as four-term polynomial. Columns are considered as polynomials over $GF(2^8)$ and multiplied by modulo x4 + 1 with fixed polynomial $a(x) = \{03\}\ x^3 + \{01\}\ x^2 + \{02\}\ x$ [9].

iv) AddRoundKey () Transformation: 128-bits of state are XORed with 128-bits of round key. The operation is viewed as column wise operation between 4 bytes of state column and one word of round key.

Each round key is 4-word (128-bit) array generated as product of previous round key: a constant that changes each round, and series of S-Box lookups for each 32-bit word of the key. Key schedule Expansion generates a total of *Nb* (*Nr* + 1) words; where Nr is number of rows.

Decryption process is direct inverse of encryption process. All transformations applied in encryption process are inversely applied to this process. Hence, last round values of both data and key are first round inputs for decryption process and follows in decreasing order. AES decryption can be performed by using same algorithm flow. However, all four steps in round transformation are replaced with their own inverses and round keys for encryptions are used in reverse order.

3. Reconfigurable Cryptographic Coprocessor (RCC) architecture.

Reconfigurable Cryptographic Coprocessor is presented (RCC) may encrypt or decrypt data by using encryption algorithm. RCC is built around systolic array (i.e., matrix of processors that substantially simultaneously execute the same operations and it may separately perform different operations) of processing elements (PEs) [10], Control Unit and Memory Unit. RCC encrypts and decrypts data efficiently and flexibly. RCC is designed to provide an efficient way to implement the majority of symmetric cryptographic algorithms (see Fig. 1).

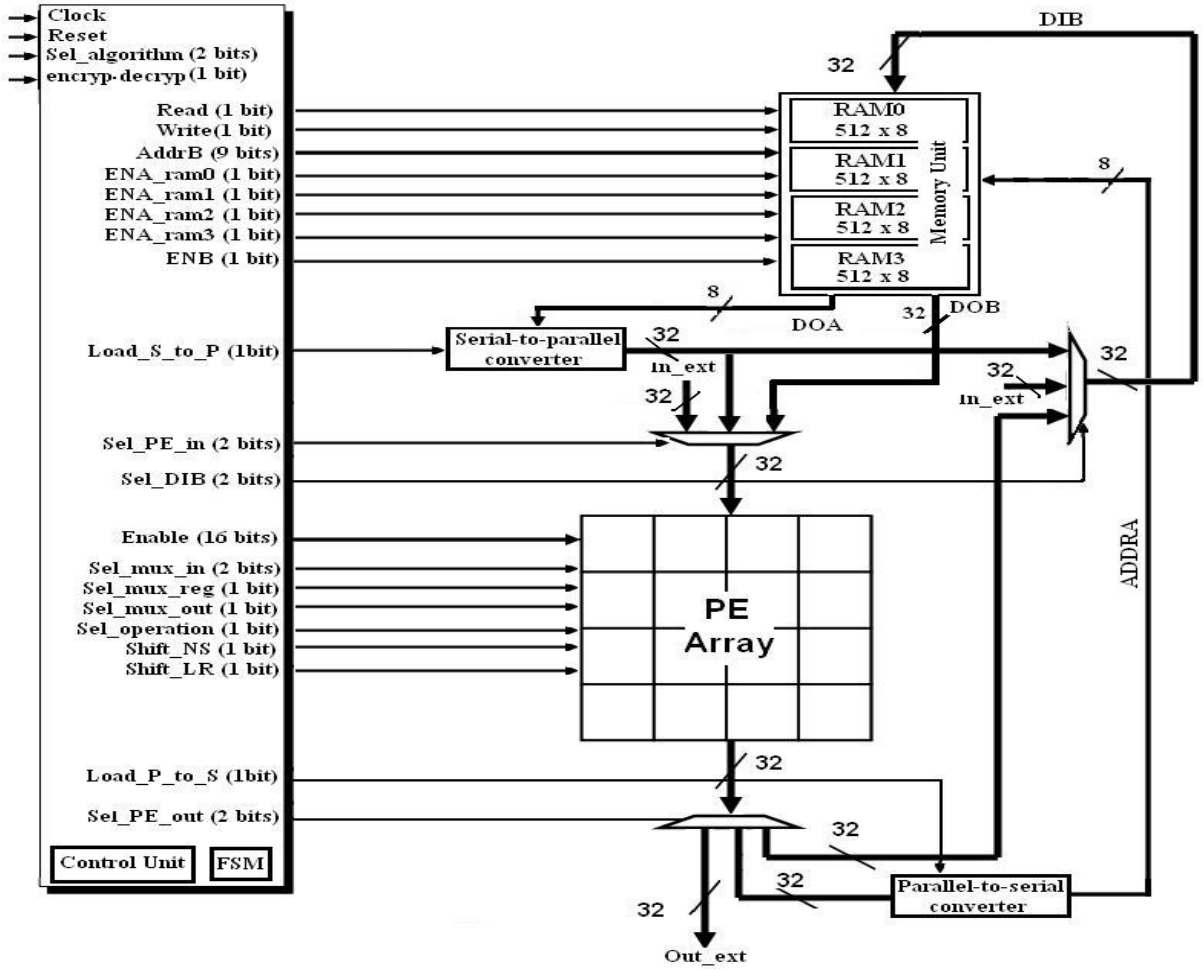


Fig. 1 Architecture of the Reconfigurable Cryptographic Coprocessor (RCC).

3.1 Memory Unit Module.

Memory Unit Module is consisting of 4 RAM working in parallel (see Fig. 1). Memory can store *32*-bit data and instruction words. Data include encrypting or decrypting I/O data, as well as all data needed by encrypting/decrypting process. Therfore, AES; Sbox, INVSbox, logarithm and anti-logarithm tables and round keys are stored in RAM0, RAM1, RAM2 and RAM3, respectively. Each RAM is 512x8-bit dual port allowing better access time and performance.

3.2 Control Unit Module.

Control Unit with a Finite State Machine (FSM) is the main module of the architecture. The main function is to control other modules according to instructions stored in memory. FSM controller is responsible for driving RCC either for key expansion or for data encryption (Table 1).

Signal Name	Width (bits)	Type	Description
Sel_algorithms	2	Input	Select encryption algorithms
encrdecry	1	Input	Select the encryption or decryption
Sel_DIB	2	Output	Select input of 4 RAM (port B).
ADDRB	9	Output	Address the 4 RAM (port B).
ENB	1	Output	Enable RAM (port B).
ENA_ram0	1	Output	Enable RAM0 (port A).
ENA_ram1	1	Output	Enable RAM1 (port A).
ENA_ram2	1	Output	Enable RAM2 (port A).
ENA_ram3	1	Output	Enable RAM3 (port A).
ENB	1	Output	Enable 4 RAM (port B).
Enable_PE	16	Output	Enable PE (one wire for each PE).
Sel_PE_in	2	Output	Select input of PE array between RAM and external source.
Shift_LR	1	Output	Shift byte of each PE into its neighbor, from west to east (or vice-versa).
Shift_NS	1	Output	Shift byte of each PE into its neighbor, from north to south (or vice-versa).
Sel_mux_in	2	Output	Manage input multiplexor inside each PE.
Sel_mux_out	1	Output	Manage output multiplexor inside each PE.
Sel_mux_reg	1	Output	Manage register multiplexor inside each PE.
Load_P_to_S	1	Output	Enable convert data parallel to data serial.
Load_S_to_P	1	Output	Enable convert data serial to data parallel.
Sel_operation	1	Output	Select the operation (XOR) or addition.

Table 1. Control Unit interface signals

3.3 PE array.

Processor Element (PE) array is configured to receive input commands and data (to encrypt/decrypt) from the Control Unit (CU), configured to receive and transmit encrypted/decrypted data. It consists of a systolic array of 4x4 Processing Elements (see Fig. 2). All PE are identical and controlled by CU.

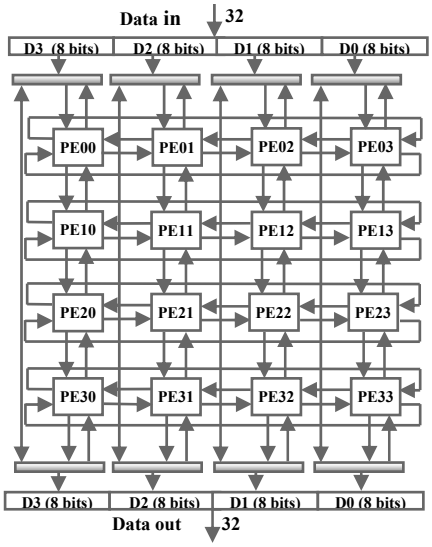


Fig.2 Architecture of Processing Element (PE) array

PE includes I/O ports, input-select multiplexor, an operations unit, register multiplexor, register, 4 tri-state buffer and an output multiplexor (see Fig. 3):

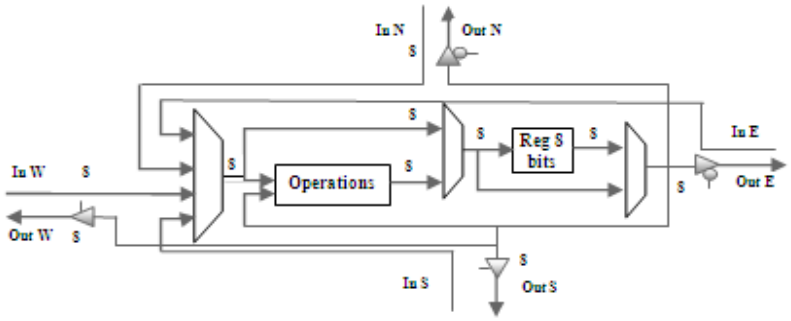


Fig.3 PE Block diagram.

4. AES execution on RCC.

RCC utilizes AES-128, where the plain text consists of 128-bit data blocks and each block (i.e., $\mathbf{a_{00}}$ $\mathbf{a_{10}}$ $\mathbf{a_{20}}$ $\mathbf{a_{30}}$ $\mathbf{a_{01}}$ $\mathbf{a_{11}}$ $\mathbf{a_{21}}$ $\mathbf{a_{31}}$ $\mathbf{a_{02}}$ $\mathbf{a_{12}}$ $\mathbf{a_{22}}$ $\mathbf{a_{32}}$ $\mathbf{a_{03}}$ $\mathbf{a_{13}}$ $\mathbf{a_{23}}$ $\mathbf{a_{33}}$) may be managed as a matrix of 4x4 bytes. Each element of AES matrix may be mapped to PE of PE matrix. Load row operation copies 32-bit word from external source or Memory unit, and writes it into row of PE array. Encryption process includes 10 rounds involving the following transformations: i) sub-bytes, ii) shift-rows, iii) mix-columns and iv) add-round-key.

i) Sub-Bytes transformation .

On receiving the encryption request, cipher data and round keys are fetched from memory byte by byte at every cycle. Two data bytes are XORed with each other for add round key transformation. FSM extracts all bytes in PE array byte by byte, is becomes the address of the RAM0 and gets substituted with corresponding data bytes residing at those addresses. Each byte stored in PE array is substituted with corresponding byte in substitution box table (S-Box table) stored in RAM0 at address "FF00". FSM may manage one word of 4 bytes and may provide all needed commands for substitution of all 4x4 1-byte data. After byte substitution, data is directed to Shift rows transformation.

ii) Shift rows transformation.

Each row of PEs in PE array is wrapped around in a cylindrical fashion which is considered a circular shift register, particularly useful in shift rows transformation. FSM activates shift_LR signal to shift all bytes from west to east of PE array. Shift_LR may be active during 4 cycles. Enable signals activate only PE that needs to be shifted: at the first cycle only 2nd, 3rd and 4th rows of the PE are enabled. At second cycle only 3rd and 4th rows of PE are enabled. Finally, at the third cycle row number 4 is enabled. After Shift rows, data is directed to mix column stage for matrix multiplication.

iii) Mix-Columns transformation.

Mix-column transformation operates on the state column-by-column. RCC performs the following matrix multiplication:

$$S'(x) = A(x) \text{ x } S(x) \quad (1)$$

$$A(x) = \begin{pmatrix} 02\ 03\ 01\ 01 \\ 01\ 02\ 03\ 01 \\ 01\ 01\ 02\ 03 \\ 03\ 01\ 01\ 02 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Where, *S(x),* data transformed by PE array, and *A*(*x*), matrix of multiplicative vectors (2).

Equation (1) may be performed by using logarithm and anti-logarithm tables (3).

$$c = a \text{ x } b \tag{3}$$

Where, c, can be computed by using logarithm tables (4).

$$c = Log'((Log\ a) + (Log\ b)) \tag{4}$$

PE array are substituted by using logarithm table stored in RAM2 (Fig. 1) at address "FF00". Data are fetched from PE array byte by byte, is becomes the address of the RAM2 and gets substituted with corresponding data bytes residing at those addresses. Each byte stored in PE array is substituted with corresponding byte in logarithm table. FSM extracts logarithm of all bytes in PE array, adding by substituted bytes to matrix (2) and writes bytes to PE array. Logarithms are then copied to Memory Unit for further computations, PE array may be XORed by columns and written into first row of PEs. Results may be stored in Memory unit. Once all 4x4 bytes computed, FSM copy PE logarithms previously saved in memory unit. According to (4), FSM may substitute them by using antilogarithm table stored in RAM3 (Fig. 1).

iv) Add-Round-Key transformation

Final transformation of given round combines key value with transformed data. Keys are loaded from Memory Unit into PE array and XORed with data stored in PE array. This completes one round and output of AddRoundKey is written back into Memory Unit. Finally, at the end of 10 rounds, the fully encrypted data is available in memory.

5. Results.

The synthesizable Cryptography Coprocessor core was described in VHDL using ModelSim 6.4b simulator and synthesized using Xilinx ISE7.1i. The target device selected was Xilinx xc4vlx25 [11]. The synthesis results show that the synthesized device uses only 4252 slices. The device uses only 4 BRAMS 512x8-bit dual-port wide and can be operated at a clock frequency of 189.215 MHz. The synthesis and mapping results of Cryptography Coprocessor design are summarized in table 2.

Target FPGA Device	**Virtex xc4vlx25-11**		
Optimization Goal	**Speed**		
Resources	Used	Available	%
Number of Slices	4252	10752	39
Number of Slice Flip Flops	2700	21504	12
Number of 4 input LUTs	4096	21504	19
Number of bonded IOBs	291	450	64
Number of GCLKs	2	32	6
BlockSelect RAMs (BRAMs)	4		
Maximum Frequency	189.215 MHz		

Table 2. Results of FPGA implementation of Reconfigurable coprocessor cryptography

6. Conclusions.

Reconfigurable Cryptographic Coprocessor (RCC) has been designed for Advanced Encryption Standard (AES-Rijndael) algorithm to encrypt/decrypt data. Both encryption and decryption operations were carried out. Results validate the functionality and operability of the proposed coprocessor. The RCC is capable of using other types of Symmetric Block Cipher Algorithms (SBCA). Reconfigurability characteristics also allow the processor to be updated with new algorithms, as well as other applications. Synthesizable RCC core was described in VHDL using ModelSim 6.4b simulator and synthesized using Xilinx ISE7.1i. Finally, throughput reaches value of 10Mbit/sec for both encryption and decryption process with *xc4vlx25* Device of Xilinx Virtex Family.

Acknowledgements

This work was supported in part by the Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for "Integration and application of GIS and GPS on mobile systems" and "Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation" projects. The authors would like to express gratitude to external anonymous referees whose comments and suggestions improved this manuscript.

References

[1] C. Mucci, L. Vanzolini, Andrea Lodi, Antonio Deledda, Roberto Guerrieri "Implementation of AES/Rijndael on a dynamically reconfigurable architecture", 978-3-9810801-2-4/DATE07 © 2007 EDAA A. Author, Book title. Publisher, Place (Year).

[2] M. Askar, T.Egemen, "Design and SystemC Implementation of a Crypto Processor for AES and DES Algorithms", Information Security Cryptology Conference with International Participation, Decembre 2007, pages (pp. 145-149).

[3] J. Daemen, V.Rijmen "The Rijndael Block Cipher" , AES proposal, First Candidate conference (AESI), August 20-22, 1998.

[4] J. Daemen, V. Rijmen "The Design of Rijndael, AES-The Advanced Encryption Standard", Springer-Verlag Berling Heidelberg New York 2002.

[5] "Specication for the advanced encryption standard (AES)", Federal Information Processing Standards Publication 197, 2001.

[6] S. Sharma, B. Sudarshan "Design of an Efficient Architecture for Advanced Encryption Standard Algorithm Using Systolic Structures", International Conference of High Performance Computing HiPC 2005).

[7] M. T. Tran, D. K. Bui and A. D. Duong, "Gray S-Box for Advanced Encryption Standard", in Proc. of International Conference on Computational Intelligence and Security, Vol. 1, pp. 253-258, 2008.

[8] M. Jung, et al. "A Reconfigurable Coprocessor for Finite Field Multiplication in GF(28)". In IEEE Workshop on Heterogeneous reconfigurable SoCs, 2003.

[9] Jarvinen et al. "A fully pipelined memory less 17.8 Gbps AES-128 encryptor". International Symposium on Field Programmable Gate Arrays. In 2003 ACM/SIGDA 11th International.

[10] P. Frison, E. Gautrin, D. Lavenier, and J. L. Scharbarg, "Réseaux systoliques spécifiques à base du processeur", Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA), France, Tech. Rep., 1990.

[11] Xilinx, Inc., "Virtex Field Programmable Gate Arrays", http://www. xilinx.com.

Towards an instrument for a new Generation of Blog

Chrayah Mohamed[1], BoubkerSbihi[2]andKamal Eddine El Kadiri[3]

[1] Laboratory LIROSA, Faculty of Science Tétouan, University Abdelmalek Essaadi
[2]Mhannech II, B.P : 2121 Tétouan, Morocco

Abstract. A blog have a big role that enables the production, communication, sharing and dissemination of information. Is considered one of the two unique tools of publishing information at the level of web 2.0, but it exist some problems concerned this tools, quality of information and user published. For exceed these problems concerned the blog's a new generation of blog's is proposed (Vblog: validate blog), this article suggests a modeling of this new tools of web 2.0 to use a Unified Modeling Language (UML) and the utility of Vblog in practice .

Keywords: Blog, Vblog, Quality of information, UML.

1. Introduction.

The term "Web 2.0" refers to the second generation development and design of the web that aims to facilitate communication and to secure information sharing, inter-operability and user centered design, web 2.0 concepts have led to the development and evolution of web-based communities, hosted services, and applications [7].

Media coverage of Web 2.0 concentrates on the common applications/services such as blogs, video sharing, social networking and podcasting – a more socially connected Web in which people can contribute as much as they can consume.

Since these tools have ushered in changes in society at a massive scale, Birds all calls it a social revolution. O'Reilly [11], which introduced the term, has described the characteristic feature of Web 2.0. He has referred to the users as part of the content of the sites; they (users) are creators and consumers of information. Web 2.0 tools facilitate sharing, networking and disseminating information among friend and other professional groups [4].

2. Blogs.

The term web-log, or blog, was introduced by Jorn Barger in 1997 and refers to a simple webpage consisting of brief paragraphs of opinion, information, personal diary entries, or links, called posts, arranged chronologically with the most recent first, in the style of an online journal [3] Most blogs also allow visitors to add a comment below a blog entry.

The large number of people engaged in blogging has given rise to its own term –blogosphere-to express the sense of a whole 'world' of bloggers operating in their own environment. As technology

has become more sophisticated, bloggers have begun to incorporate multimedia into their blogs and there are now photo-blogs, video blogs (vlogs), and, increasingly.

3. Problems with Blog

This posting and commenting process contributes to the nature of blogging as an exchange of views this conversation between a primary author and a group of secondary comment contributors, who communicate to unlimited number of readers, create information flow. However the information quality management is absent in this conversation because may come from different types of users without considering their scientific level, their ages and specialties.

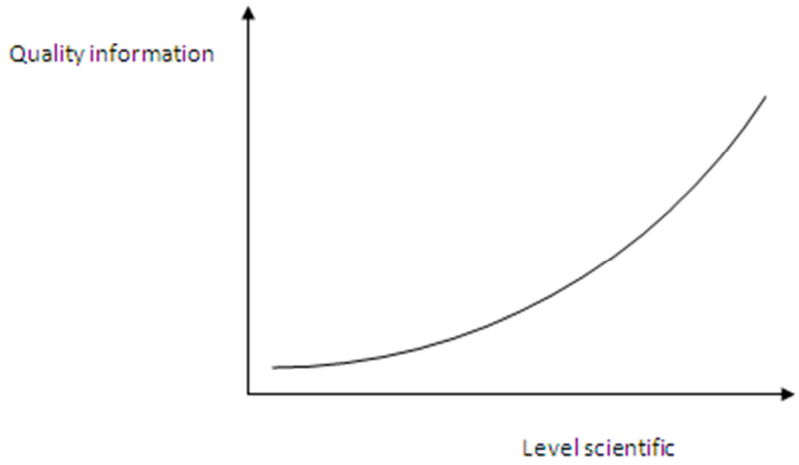


Fig1: Relation between quality information and level scientific

Problems of blogs are related with users and quality of information:

3.1 Problems with users:

These problems are related with a level participation of user in process to create a blog and comment (high rate of abandonment, few participation, motivation participation and heterogeneous participation).

3.2 Problems with information:

These problems are related with a quality of information by author and people how comment (poor information quality, redundant information...).

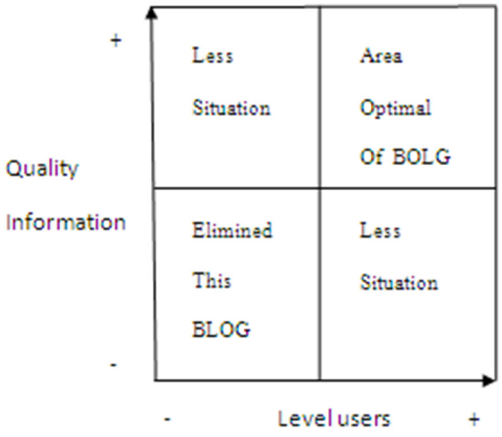


Fig2: quality of blog

4. Solution proposed.

The solution of this problems related with tools web 2.0 blogs is create a new generation of blogs how restrict a users and information published for get an optimal area of Fig 2.

So we must impose a new philosophy to select a user's apt and useful information. This new tools of web 2.0 how we will call a validate blog (Vblog) must be ensured by a committee (validator and expert) and also classify an information in categories.

- Categories of users

There are 3 types of users for this new system:

Actor	Role
User	Reads and produces
Validator	Validate
Expert	monitoring

Table1: Users Vblog

The role of user is create a blog which will submit to the committee of validator's for validation before be published.The expert has a role to monitoring a system and selection of the committee of validator's from a simple user's.

- Categories of information

Information produced on Vblog can be divided into five classes:

Information type	Significance
Good	Validated and relevant
Medium	Medium validated
Low	Submitted to correction
Erroneous	Not validated

Table 2: Information on Vblog

- Use Case diagram of the new system

A use case diagram in the Unified Modeling Language (UML) is a type of behavioral diagram defined by and created from a Use-case analysis. Its purpose is to present a graphical overview of the functionality provided by a system in terms of actors, their goals (represented as use cases), and any dependencies between those use cases. The main purpose of a use case diagram is to show what system functions are performed for which actor. Roles of the actors in the system can be depicted.

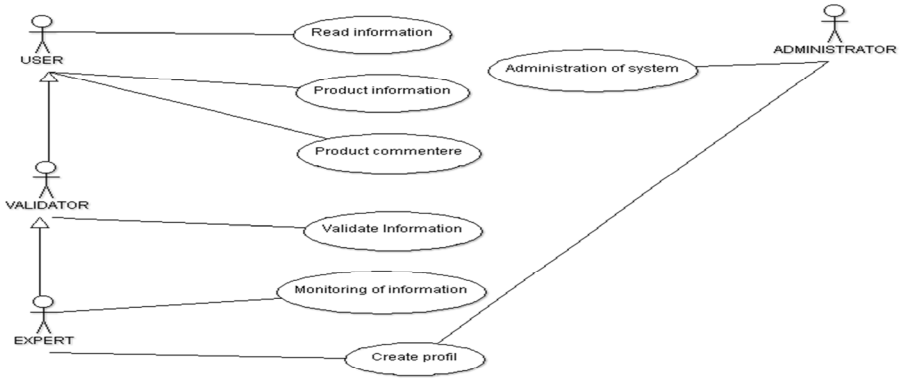


Fig 3: Use case vblog.

This figure shows four actors how use the Vblog system (USER, VALIDATOR, EXPERT, and ADMINISTRATOR) and his uses cases. We observed, the actor's validator and expert inherited the functionality of USER (read information, product information).

- Sequence diagram of Vblog system

A sequence diagram in Unified Modeling Language (UML) is a kind of interaction diagram that shows how processes operate with one another and in what order. It is a construct of a Message Sequence Chart.

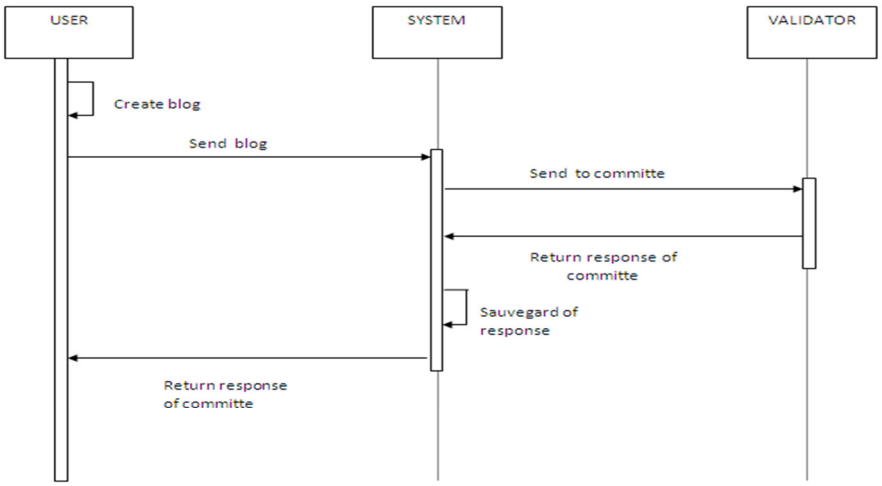


Fig 4 : Sequence diagram Vblog

This figure show the process to validate blog creating by simple user, after creating he is sending to committee validator how returns the response to user (vblog or blog refused).

- Class diagram of Vblog system

A class diagram in the Unified Modeling Language (UML) is a type of static structure diagram that describes the structure of a system by showing the system's classes, their attributes, operations (or) methods and the relationships between the classes.

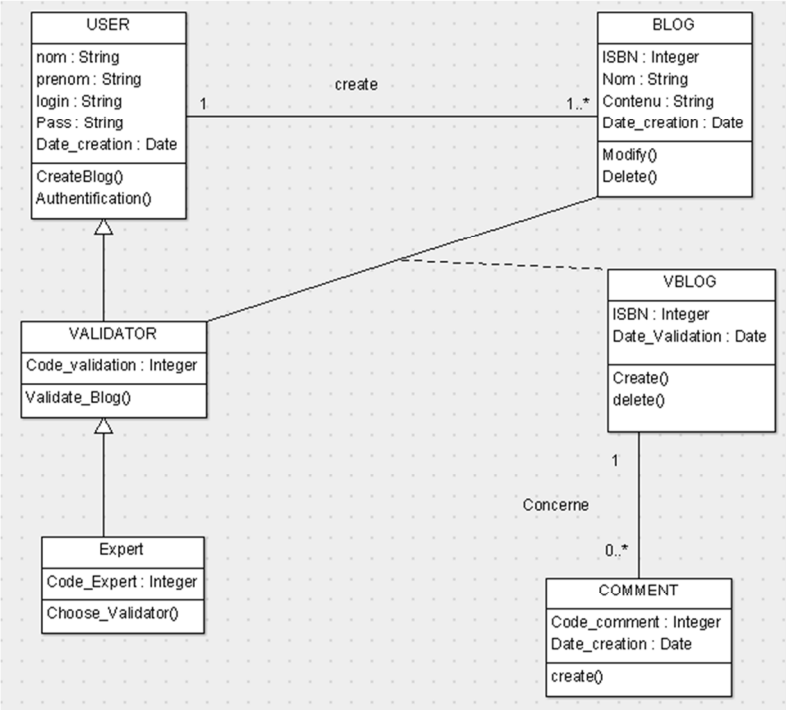


Fig 5 : CLASS DIAGRAM Vblog

This figure show the kernel of Vblog and he describe the different class, attribute class and his operation how defined a new system.

5. Conclusion

In this paper, we proposed a model of new generation of blog Vblog which resolve many problems concerned quality information, to answer the question about how publishes what, when and who. In this new form information is clearly identified, well structured, not redundant and eliminated when it is no longer useful

The second step for this project is realized and develops this philosophy to reality. We need restrict access for non-producers by fingerprint reader and secure site authentification.

References

[1] Sbihi, B and El kadiri,K,.(2009). "Web 2.2 : Toward classified information on the Web", International Journal of Web Applications, Vol 1, No 2, pp 102- 109.

[2] Sbihi and El kadiri,K.(2010). " Towards a participatory Elearning 2.0 :A new E-learning focused on learners and validation of the content", International Journal on Compute

[3] Alcock, M. (2003). Blogs e what are they and how do we use them?Quill, 103(8).

[4] Desavoye,BMoisantr,X and Le Meur,L (2005), Les blogs : nouveau média pour tous. Paris : M2 édition 2005.

[5] Ertzcheid,O (2005) , Weblogs : un nouveau paradigme pour les systèmes d'information et la diffusion de connaissances ? : Applications et cas d'usage en contexte de veille et d'intelligence économique. Colloque ISKO, France 2005.

[6] Felix, L., Stolarz, D. (2006). Hands-On Guide to Video Blogging and Podcasting: Emerging Media Tools for

Business Communication. Focal Press: Massachusetts, USA.

[7] Guillaud, H.(2005), Qu'est-ce que le Web 2.0 ?, internet Actu, september.

[8] Hugh,H (2005), Blog: understanding the information what's changing your world. Nashville, 2005, ISBN 0-7852-1187-X

[9] Hussher F and al (2006), Le nouveau pouvoir des internautes, Timée-Editions, 2006.

[10] Le Meur, L and Beauvais,L (2005), Blogs pour les pro,– Paris : Dunod, 2005.

[11] Oreilly, Tim, What is Web 2.0: Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. Communications & Strategies, No. 1, p. 17, First Quarter 2007.

[12] Understanding Web 2.0 IEEE Computer Society

[13] "What is Web 2.0: ideas, technologies and implications for education" JISC Report on Web 2.0

[14] Web 2.0 and Business a pointer to the intranets of the future? Professionalizing knowledge sharing and communications: Changing roles for a changing profession Business Information Review March 1, 2008

[15] The two cultures: mashing up web 2.0 and the semantic webWWW '07 Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web ACM New York, NY, USA 2007.

[16]What is Web 2.0?: ideas, technologies and implications for educationJISC Technology and Standards Watch, Feb. 2007

Semantic web technologies for the reuse and adaptation of educational documents in e-learning

Abderrahman Chekry[1], Aziz Oriche [1], Mohamed Khaldi[1] et Kamal Eddine Kadiri [1]

[1] LIROSA, Abdelmalek Essaâdi, Adresse, Maroc, a.chekry@gmail.com

Abstract. Few documents can be reused among the huge number of the educational documents on the web. The exponential increase of these documents makes it almost impossible to search for relevant documents.
In addition to this, E- learning is designed for public users who have different levels of knowledge and varied skills so they should be given a content that sees to their needs.
This work is about adapting the content of learning with learners preferences, and give the teachers the ability to reuse a given content.

Keywords: Teaching document, distance learning, metadata, Semantic Web.

1. Introduction.

Most e-Learning applications are accessible via the web and they include varied educational resources that are increasing exponentially. This leads us to searching for relevant documents. These applications share the same relevance searching problems with the web.

Few documents can be reused among the huge number of the educational documents on the web, finding and selecting a text segment of graphic resources, exercises, a document for the goal of reusing it in another new document is almost impossible.

E- Learning is designed for public users who have different levels of knowledge and varied skills. They don't know that the content of the document they have is adapted to their needs.

2. The semantic web.

"The semantic web is an extension of the current web in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation"

Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila the semantic web, Scientific American.

2.1. Why the semantic web??

The creation of the web was in the early 90s in order to facilitate the access and sharing an important volume data on the internet. HTML formed the most important solution for documents formats on line [10].

Nowadays, the web contains a huge number of documents, but there is no way to control the content: the actual web doesn't offer any services in this sense so the user wastes his time in consulting web pages to find what they need.

Because of this problem, the 3wc (World Wide Web consortium) introduced the semantic web as a solution for the improvement of the web to finally offer the users relevant information. This made the web resources understandable by human and machines. The 3wc has begun to build new performance tools and languages. XML,RDF,OWL which Figure 1 exposes the layers of the latter.

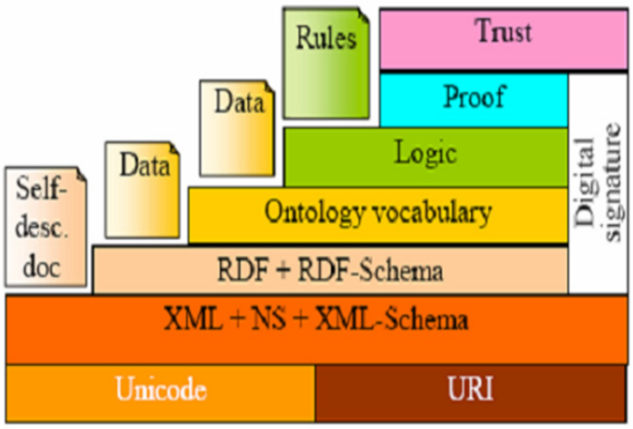


Fig. 1 layers of the semantic web.

Using XML, we could separate content from the presentation, RDF made it easy for us to describe the web resources and finally the OWL offered the opportunity to make arguments.

2.2. The metadata.

Tim Bernes-Lee said. « Metadata is information about web resources (or other) understandable by humans and processable by software » [13].

The importance of this information is that it is treatable by a software in an automatic way .to ensure that metadata is useable for online resources access, it is mandatory to have a standard for the resource and both the producers and users use the same repository. In addition, this standard must be able to withstand the possible developments and extensions to accommodate future needs. The Dublin Core was the best-known standard for indexing digital documents. It also includes information such as "author", "title", etc….

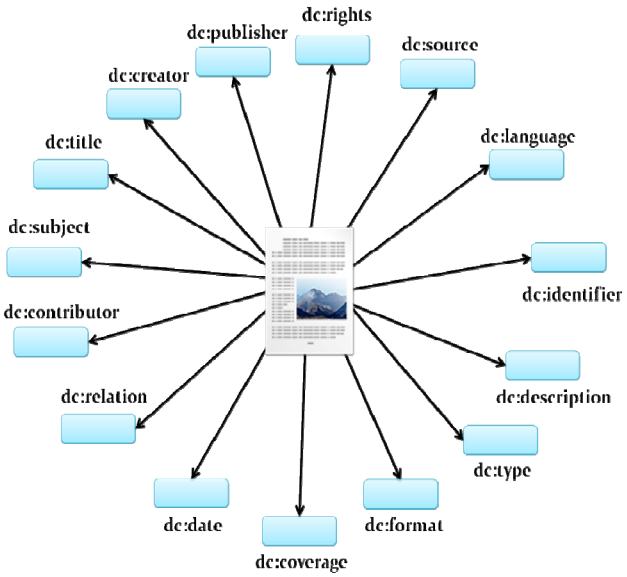


Fig. 2 Dublin Core elements.

LOM (Learning Object Metadata) is one of the indexing standards of learning objects and it is built on the top of Dublin Core, it also supplies it by adding specific extensions to pedagogy fields [13].

LOM specifies the syntax and semantics of the educational and defines the required attributes in oder to better describe the learning objects.

The 6.4 (version) of LOM identifies about nine categories that is to say 45 items describing any learning object.

- Generalities (8)
- Life cycle (3)
- Meta-metadata (4)
- Technical information (7)
- Educational information (11)
- Rights (3)
- Relations (2)
- Comments (3)
- Classification (4)

3. E-Learning.

The European commission defined " E-learning " , in2000, as " the use of new multimedia technologies and the internet to improve the learning quality by making it easy for users to access to resources and services as a remote trade collaboration"

3.1. The metadata.

We are interested in documents known as teaching that are created for the learning use only, among the huge number of documents available on the web. Producing these kinds of documents requires significant time and budget at the same time it can be recouped only id it's reused all across the wide web. Therefore, it's crucial to structure and index.

Curriculum materials become learning objects: a digital entity used in learning environments with the following properties.

- Autonomy: Each learning object used separately from the other
- Reusability: Elementary learning objects can be used in different contexts and for many purposes.
- Aggregation: Learning objects can be grouped and regrouped in order to form other learning objects.
- Indexing: each learning has a description be retrievable easily.

In addition: a given learning object should lead to an adequate learning.

- No superfluous: it must be limited to relevant learning objects if we're in need of just one fraction of required objects.
- At the right time: we can find the learning objects in time relying on the indexation.
- Custom: the ability of customization of courses across an organization or each person or user.

4. The semantic web contribution in e-learning domain.

There are an infinite number of documents and services on the internet that are accessible to users, but the majority of these documents and services have a unique organization, presentation and content that satisfy many users but not all of them.

The same problem exists as for the e-learning system; our duty is to adapt the instructional content to users' requirements and make it reusable by teachers and so that the teachers can build another one.

The E-learning that can grow quickly and benefit from the semantic web solution is among the services that are found on the web.

4.1. The research and reuse.

The formation of educational materials deposits is a great challenge for the well being and the success of any E-learning project. This implies new teaching materials requirements. In the first place, we believe we should allow these materials to be reused in different contexts by different users. This multi-purpose operating documents means that they can be reconfigured for each of these contexts. This reconfiguration is then passed through an adaptation phase[20].

The first purpose of the educational materials repository is that the added documents can be reusable: documents are to be reused in many contexts other than the first contexts if these documents have been made available on the web. The reuse of a document then implies a further formal context for another use. The repository is to enable people to use the added documents in various ways and contexts. We are going to discuss the operating multi-purpose [20].

However; the reuse of these documents cannot be limited to a simple transposition: for instance, the use of a handout for classroom course composed of more than 200 pages is inadequate for E-learning. The reuse then implies anther process of adapting materials to fit for the new context. This multiplicity concerning views of the content involves the reconfiguration of the suggested meaning in the literature engineering that is to say that the different calculation applications on the same document for adapted educational materials for each context.

We can suggest some complementary concepts on this basis.

- A document can be sustainable only if it can maintain over time despite the changing uses.
- A document can be interoperable only if it can be used in technological contexts and other various uses.
- A document is accessible if it provides a concise overview of the potentials it offers (for example: it can be possible in terms of practice) in an interpretable form by the computer system (indexing) or a human user (research)

It requires many semantic natures of information about the content of the resource to facilitate the research. This is where the importance of metadata lays.

The data will be accurately marked and the materials will be indexed just to facilitate their research by using XML. Thus the users can distinguish between looking for “Jean Jaques” books and books talking about “Jean Jaques” if the content of documents is not described in the XML, we will answer as the search of both types of books in other words we will double the number of possible answers.

4.2. Adaptation.

the information fund on the current web are presented in the same manner for all users that is to say the current web doesn’t take the needs and interests of these users into consideration or even whether they are really interested in the same information. The web must provide relevant information based on feedback from users for better understanding and proper management of web resources.

- Know the users: their needs, their interests, and what they want and they don’t want.

- Present the diagram of the source: the system must help the user search a simple way in large amounts of resources.

The adaptation in the semantic web can be applied in both fields.

- The adaptive virtual documents: these documents are composed of a set of fragment information and a typesetting system semantic for the selection, assembly and organization of these fragments according to the specifications and goals of learners in the adaptation of the aspect of document users.

- The adaptive hypermedia: we are interested in the adaptation of the hypermedia in our approach; we rely on the notion of a grain of knowledge obtained by the semantic decompositions of learning resources and adaptive multi-agent systems technology.

5. Conclusions.

The Semantic Web proposes solutions, many of which are interesting in the field of e-Learning.

The learning context would also be more precisely defined by ontologies of field. The structure of learning objects can be understood by machines if it refers to ontologies. Based on these ontologies, the reuse of learning objects and their customizations are presented as a direct Contribution of the Semantic Web.

References

[1] Sabri Boutemedjet, « Web Sémantique et e-Learning », Hiver 2004.

[2] Michel Buffa, Sylvain Dehors, Catherine Faron-Zucker, Peter Sander, « Vers une approche Web Sémantique dans la conception d'un système d'apprentissage. Revue du projet TRIAL SOLUTION ».

[3] Amar BALLA, Med Tayeb LASKRI et Soraya LAOUDI, «HYPERGAP : un hypermédia éducatif dynamique générant des activités pédagogiques », 2003/1-2 - Volume 7 ISSN 1279-5127 | pages 39 à 57.

[4] Irina akoulchina, «SAGE : un agent intelligent d'interface pour un hypermédia à base de connaissances taxinomiques fonctionnant dans l'environnement du web », Octobre 1998

[5] Azzeddine CHIKH, « Une approche méthodologique de réutilisation en ingénierie de document. Application au e-learning », 2003/1-2 - Volume 7 ISSN 1279-5127 | pages 59 à 88.

[6] Marie-Hélène ABEL, Dominique LENNE, Claude MOULIN et Ahcène BENAYACHE, «Gestion des ressources pédagogiques d'une e-formation », 2003/1-2 - Volume 7, ISSN 1279-5127 | pages 111 à 128.

[7] Michel gagnon, «Introduction au web sémantique ».

[8] Marie-Hélène Abel — Dominique Lenne — Claude Moulin Ahcène Benayache, « Gestion des ressources pédagogiques », UMR CNRS 6599 Heudiasyc Université de Technologie de Compiègne BP 20529F-60206 Compiègne cedex,

[9] Fenineche Khadidja, "Adaptation des situations d'apprentissage dans les communautés de pratique des enseignants Approche basée sur les standards du e-learning": Institut National de formation en Informatique (INI) 2006.

[10] Saloua Chettibi, Amina Rouibah, "conception d'une ontologie pour une plate forme d'enseignement a distance": Universite de Jijel 2006

[11] Bourda Y., "Des objets pédagogiques aux dossiers pédagogiques (via l'indexation) ", Document numérique 2002/12, Volume 6, p. 115-128.

[12] Abel M.-H., Lenne D., Moulin C. et Benayache A., "Gestion des ressources pédagogiques d'une e-formation", Document numérique 2003/1-2, Volume 7, p. 111-128.

[13] Yolaine Bourda (2001), "Objets pédagogiques, vous avez dit objets pédagogiques ? ":Supélec, Plateau de Moulon, F-91192 Gif-sur-Yvette CEDEX

[14] Amardeilh F., Web sémantique et Informatique Linguistique : Propositions méthodologiques et réalisation d'une plate forme logicielle, thèse de doctorat, Université Paris-x-Nanterre, 10 mai 2007.

[15] Benayache A. Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contetxe e-learning le projet Memorae. Thèse de Doctorat, spécialité Informatique, Université de Technologie de Compiègne,2005.

[16] Berners-Lee T., Weaving the Web, Harper Eds, San Francisco, 1998, 226 p.

[17] Handschuh S. et Staab S. (Eds).. Annotation for the semantic web. Vol. 96 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press. 2003.

[18] Nilsson M., Palmer M., Semantic Web Metadata for e-Learning - Some Architectural Guidelines. 11th World Wide Web Conference (WWW2002). Hawaii, USA. 2002.

[19] Yannick P., Nack F., Annotations et Intelligence Artificielle, LIRIS FRE 2672 CNRS– Université Claude Bernard Lyon 1, 19/02/07.

[20] Stéphane CROZAT et Erik GEBERS., Pratiques documentaires et création de ressources pédagogiques Quel rôle pour les standards ?, Université de Technologie de Compiègne, Novembre 2007 - ISBN 978-2-9525658-3-7

Dispositivo electrónico para mejorar el aprendizaje inicial de la escritura braille en niños invidentes

Luz M. Sabogal, Giovanni L. Ríos

Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Distrital, Bogotá D.C., Colombia
Email: lupe_cleop@hotmail.com, giovannilro@hotmail.com

Abstract. El objetivo de este proyecto es la implementación de un prototipo electrónico, que permita mejorar los tiempos de aprendizaje inicial de la escritura braille en personas con situación de discapacidad visual especialmente en niños. Este proyecto plantea el siguiente problema: ¿Cómo se puede mejorar los tiempos en la formación inicial de aprendizaje de la escritura braille en las personas en situación de discapacidad visual, con el fin de lograr mayor accesibilidad, autonomía y desempeño?

Keywords:: Aprendizaje, braille, discapacidad visual, herramienta tecnológica, inclusión social.

1. Introducción.

De acuerdo a cifras publicadas por el DANE en mayo de 2010, existe una población en Bogotá de 64.701 personas con limitación visual, 4.786 personas particularmente en Ciudad Bolívar [1].La ley 115 de 1994 (artículo 1) establece que la educación es un proceso de formación permanente, personal, cultural y social que se fundamenta en una concepción integral de la persona humana, de su dignidad, de sus derechos y de sus deberes. Otros artículos de referencia como la ley 361 de 1997 (artículo 10) señala que el Estado Colombiano en sus Instituciones de Educación Pública garantizará el acceso a la educación y la capacitación. [2]. Se define entonces la limitación visual como la alteración del sistema visual que trae como consecuencia dificultades en el desarrollo de actividades que requieran el uso de la visión, según la Resolución 412 de febrero de 2000 [3]. Una solución dada a esta dificultad es un dispositivo electrónico que permite mejorar los tiempos en el aprendizaje Braille, ya que a través de este se mejoró la participación e inclusión social de personas con limitación visual, convirtiéndose en una herramienta útil en los procesos educativos, dicho proyecto está enfocado a niños principalmente.

El proceso inicial de escritura se realiza con una tabla manual de braille, haciéndose necesario la supervisión de un experto en este lenguaje, lo cual limita a la persona en situación de discapacidad visual ser autodidacta y autónoma en determinadas áreas de aprendizaje. Por lo tanto el proyecto plantea el siguiente interrogante ¿Cómo mejorar este proceso con el fin que el usuario en condición de discapacidad pueda verificar y disminuir los tiempos de la escritura braille y se facilite la participación y la inclusión social en el aula de tecnología de la Biblioteca del Tunal?

2. Descripción del proyecto

El proyecto en su totalidad se divide en cinco módulos principales como se indica en la Fig.1:

- Modulo de entrada
- Modulo de Control
- Modulo de almacenamiento
- Modulo de Comunicación
- Modulo de salida

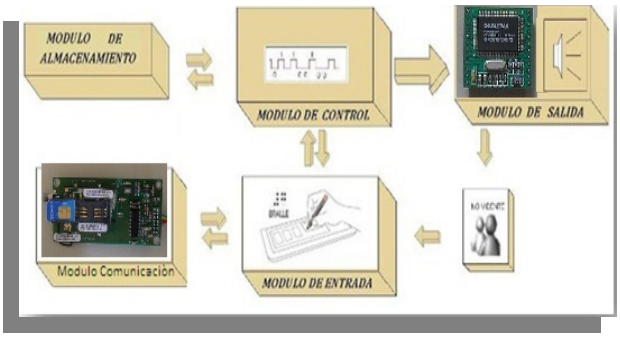


Figura 1. Esquema General

2.1. Modulo de Entrada (Teclado).

En el diseño del proyecto se buscó que la implementación del sistema manejara la iteración entre invidente - sistema y la funcionalidad en el proceso de aprendizaje de escritura braille. Para el desarrollo del proyecto se adaptaron elementos funcionales de fácil reconocimiento y maniobrabilidad para el usuario, en este caso la persona con discapacidad visual. Se elaboró el tablero digital, fabricando las cajetillas de manera manual, verificando que se respetara el estándar de medida general utilizado en diferentes regletas braille, con el fin de minimizar dificultades en el proceso de cambio a otra forma de aprendizaje si se hace necesario.

2.2. Estructura Mecánica.

El diseño de este sistema consiste en un tablero digital de escritura braille, tal diseño está conformado básicamente por una estructura donde se encuentra la parte electrónica, una regleta fabricada con los mismos estándares que la utilizada convencionalmente y un punzón de agarre ergonómico, integrado todo en un solo sistema. En la Fig.2 se muestra la vista frontal del tablero, se señala la lámina superior los cajetines, los orificios metálicos y lamina guía.



(a)



(b)

Figura 2 (a y b). Vista frontal del teclado tablero Braille

2.2.1. Captura de Datos.

El proceso de captura y la codificación braille se realiza mediante el tablero digital. El usuario (persona en situación de discapacidad visual) ingresa la secuencia de pulsos en los símbolos generadores como en un sistema tradicional de regleta manual braille. La escritura se debe realizar de derecha a izquierda, invirtiendo la numeración de los puntos del cajetín, esta es la forma en la cual se

debe aprender a escribir braille [4]. El modulo de entrada suministra los pulsos eléctricos ingresados por el usuario, los cuales van a un Microcontrolador PIC16F877A, este dispositivo es el encargado de traducir los pulsos recibidos y hacer la equivalencia entre el lenguaje braille y el código ASCII. Cada punto es interpretado como 1 bit, en este caso serian 6 puntos que constituyen el símbolo generador. Se diseña un arreglo matricial de 6 bits, haciendo la equivalencia y un barrido en cada punto. Si alguna de las 20 columnas (bordes) de la regleta realiza un contacto con el punto, el algoritmo del Microcontrolador le dará la ubicación y la letra. Luego estos datos se almacenan y se envían por el puerto serial.

2.3. Modulo de control.

La integración del diseño entre los diferentes módulos, está determinado por el modulo de control, conformado por un Microcontrolador Microchip de la serie PIC16877A, y los buses de datos que lo comunican con los demás módulos. [3] El código de programación del Microcontrolador ha sido desarrollado en etapas con el fin de verificar cada proceso y obtener el funcionamiento integral de las tareas simultaneas en la identificación de los datos del Modulo de entrada y la coordinación de todo el sistema. El algoritmo empleado se indica en la Fig. 3:

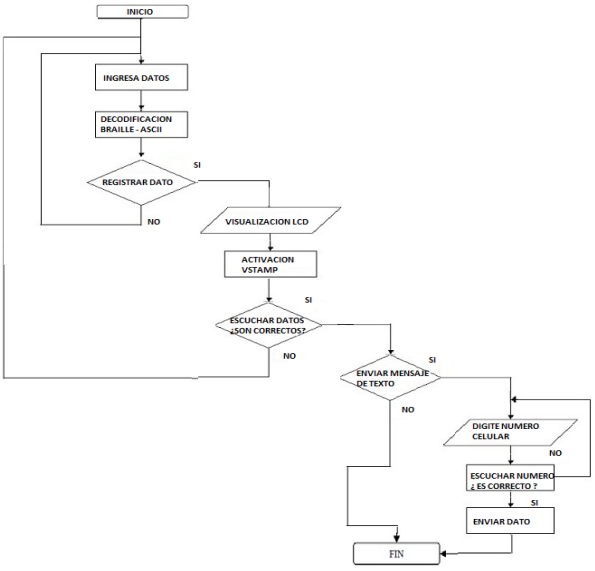


Figura 3. Algoritmo General

2.4. Modulo de voz.

El Microcontrolador gestiona y envía de forma simultánea al Modulo Sintetizador de Voz (Vstamp) [5] dada la importancia de estimular el sentido auditivo, en razón de que este sentido en las personas con discapacidad visual, produce una motivación y consideración aceptable. Este Modulo es el encargado de generar la voz de manera artificial y reproducir una señal audible por medio de un parlante. También se puede visualizar la información ingresada por medio de una LCD para que pueda ser monitoreado el proceso de aprendizaje por una persona vidente que no conozca el lenguaje braille. El Modulo GSM podrá ser activado para el envió de mensajes de texto por medio de un pulsador el cual me ejecutará la orden de envío al teléfono de destino. La interfaz de salida se realiza con la idea de brindar un ambiente sencillo y amigable al usuario.

2.5. Modulo de comunicaciones.

Para la decodificación y control del sistema se utiliza el PIC 16F877A y se desarrolla un código que permita interactuar con el hardware. A continuación se detalla todas las etapas y secuencia de operación. El programa en el Microcontrolador PIC debe realizar las siguientes tareas, para cumplir con los objetivos planteados:

- El Microcontrolador debe establecer un enlace con el modulo GSM (Enfora GSM0108) por medio del puerto serial [6].Una vez establecida la comunicación entre los dos dispositivos se debe programar el Microcontrolador para que transmita los caracteres que forman los comandos AT.El PIC siempre está detectando los datos que ingresa el usuario, para ser decodificados y enviados.Dependiendo del comando recibido, el PIC ejecutara envío del mensaje. Estas funciones se ejecutan de manera secuencial y ordenada, formando así el programa principal, estructura que se muestra en el diagrama de flujo de la Fig 4.

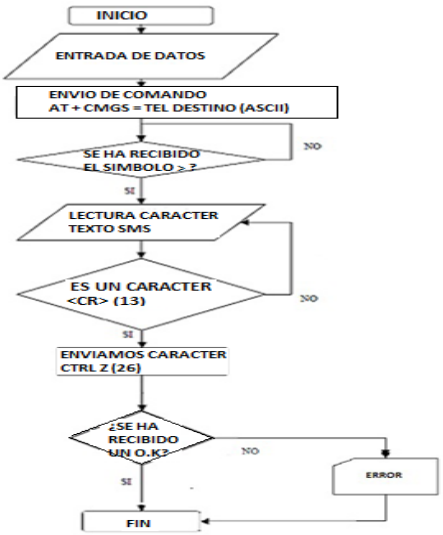


Figura 4. Diagrama de envío de Mensajes SMS

2.6. Modulo de almacenamiento.

La memoria interna es utilizada como buffer de entrada y salida del módulo de comunicaciones, la memoria externa se utiliza para almacenar los datos que se van a presentar y el mapa de bits con la información que se envía a para visualización y reproducción [7]. El Microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. Como éste siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. El tipo de información almacenada es un arreglo de matrices por la cual se hace la equivalencia entre el carácter ingresado a código ASCII. El programa que se realizo con la finalidad de que el usuario interactúe de forma directa con el sistema y es aquí donde se ingresa los datos (palabras o frases) que se deseen reproducir o enviar, este tiene por objeto detectar si se ingresa algún dato, verificando la palabra o frase como se muestra en la Fig.5.

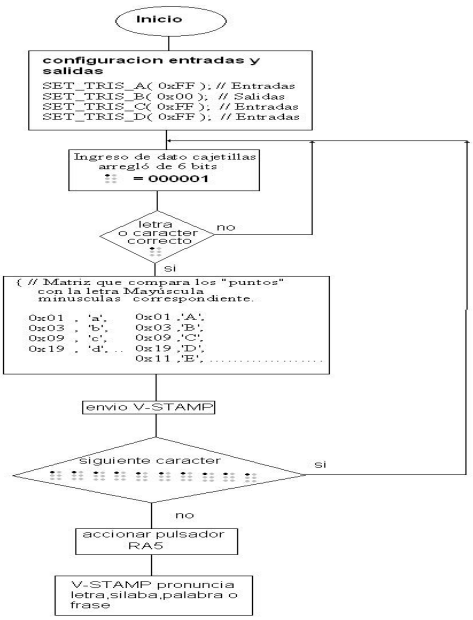


Figura 5. Diagrama de flujo de Almacenamiento

3. Resultados

En la implementación final y las pruebas se obtuvo un prototipo de Dispositivo electrónico de fácil acceso y comprensión a un costo razonable que permite mejorar tiempos en el proceso de aprendizaje inicial de la escritura braille, elevando el grado de autonomía del usuario, como se indica en la Fig.6.



Figura 6. Tablero digital Braille

3.1. Validación.

Las pruebas y validación se realizan en la Biblioteca del Tunal en la sala de Tecnología para discapacitados y en el INCI (Instituto Nacional para ciegos), con los Docentes encargados del área de aprendizaje de escritura braille. Es necesario trabajar de derecha a izquierda e invertir el orden de los números en el cajetín, se debe escribir punteando de forma ordenada. Se eleva el tiempo de autonomía en el aprendizaje inicial de escritura braille en un 80% con respecto al sistema tradicional. La siguientes tablas presentan los tiempos aproximados de reproducción y envío de SMS con diferentes operados después de ingresar los caracteres al tablero digital Braille.

Tabla 1y 2. Tablas comparativas de tiempos de respuesta en reproducción de voz y envío de mensajes SMS

PALABRA	TIEMPO APROXIMADO DE REPRODUCCIÓN (Segundos)
CANTANTE	1,2
MEMORIA	1
HOLA	1,2
VIENTO	1,5
COLORES	1,3
FIGURA	1,2
MAR	1
ESPERANZA	1,4
PROMEDIO EN TIEMPO	1,225

FRASE	OPERADOR	TIEMPO DE ENVIO (Minutos)
Un país hermoso	Comcel	3
Un país hermoso	Tigo	4,3
Un país hermoso	Movistar	3,5
Viva el fútbol	Tigo	3,9
Viva el fútbol	Comcel	2,9
Viva el fútbol	Movistar	3,7

3.1.1. Tiempos de aprendizaje.

Se debe tener en cuenta en el proceso de aprendizaje de escritura, el estimulo personal por aprender de la persona invidente ya que esta no cuenta con estímulos propios por lo que es necesario hacer atractivo el proceso. Otros aspectos a tener en cuenta:

- Apoyo familiar, la edad de la persona, el grado de desarrollo del tacto. Se debe tener en cuenta que no toda persona con limitación visual tiene un mayor desarrollo del sentido de tacto. La forma de aprendizaje. Implica habilidades profundas en el método utilizado para la consecución de la meta.

Para medir los tiempos de aprendizaje contamos con la colaboración de la Biblioteca Tunal y del INCI (Instituto Nacional para Ciegos), los cuales proporcionaron a disposición docentes de braille que con reuniones teóricas y prácticas periódicas, llegamos a los siguientes resultados:

- El tiempo máximo para un estudiante de braille de escribir un carácter o cajetilla es de 2 minutos
- El tiempo mínimo promedio de digitar o escribir un carácter es de 2 segundos, alcanzado únicamente por los docentes los cuales gracias a su habilidad adquirida por años de práctica.

Con el prototipo digital se mejora el aprendizaje del lenguaje y la velocidad de digitación ya que el estudiante recibe una confirmación audible cada vez que ingrese un carácter, esto genera un reflejo condicionado y una reacción más rápida en el momento de expresar una idea. El abecedario tiene 27 letras, el cual tiene una representación en braille. Medimos el tiempo de aprendizaje de los diferentes caracteres y su obtuvo la siguiente gráfica:

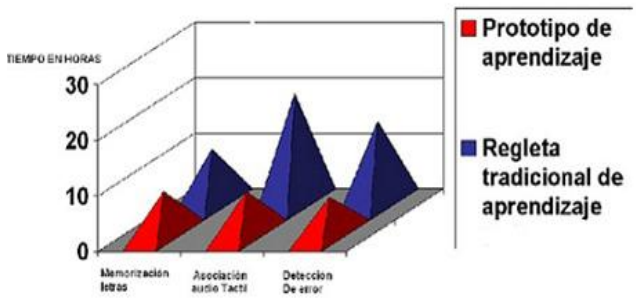


Figura 7. Gráfica Comparativa

El usuario aprende por medio del tacto es la localización de sonido. Si el niño pequeño voltea sus ojos hacia los sonidos familiares, tales como la voz la mamá, el medio de aprendizaje predominante es el oído. El aprendizaje por medio del oído sincroniza con el aprendizaje del tacto aumenta la información del usuario que recibe de su medio ambiente. Usa sus habilidades del oído usualmente depende de las señas táctiles para añadir más detalles a la información que capta por medio de su oído.

3.2. Porcentaje de error.

El porcentaje de error del sistema es de 10% debido a que se puede presentar una pronunciación no acentuada es decir no hay diferencia por ejemplo entre papa y papá y la no posible identificación de caracteres especiales.

3.3. Costos.

El costo del dispositivo en materiales es de $ 1.165.000.

3.4. Especificaciones Técnicas.

En la siguiente tabla se describen los parámetros técnicos del sistema:

Tabla 3. Parámetros Técnicos del sistema

CARACTERISTICAS	MEDIDAS
Fuente de Alimentación	5VDC, 3,3VDC
Potencia de Transmisión	1W GSM 1800MHZ
Corriente	0,9 A
Rango de temperatura	0° a 45°
Señalización de operación	6 Led's
Monitoreo del sistema	LCD 2 X20
Teclado	20 Cajetines
Altura del modulo	21 cm
Ancho del modulo	15 cm
Profundidad del modulo	5 cm
GPS	Antena GPS interna

4. Conclusiones

El desarrollo del proyecto cumple con los objetivos propuestos inicialmente.El sistema desarrollado facilita el proceso de escritura del lenguaje braille, con la supervisión de un instructor, se puede obtener un proceso integral donde se conjugan la pedagogía y la tecnología. El modulo de comunicaciones funciona en cualquier sitio con cobertura GSM y permite tener una conexión transparente a la red móvil celular GSM, mediante la utilización de comandos AT. Con la realización de este proyecto podemos concluir que se ha desarrollado una herramienta eficaz para el proceso de aprendizaje de escritura braille. Este dispositivo permite que el tiempo de aprendizaje se reduzca en comparación con los métodos tradicionales, permitiendo que la persona en situación de discapacidad visual interactué con el dispositivo de una manera sencilla. Este dispositivo puede ser usado por personas videntes que deseen adquirir conocimiento en la escritura Braille.

5. Recomendaciones

Dentro del desarrollo del proyecto es importante identificar las líneas de trabajo para dar continuidad al esfuerzo invertido. Estas líneas pueden resumirse en los puntos siguientes:

- La implementación y adaptación de una interfaz USB la cual permita la comunicación con un PC para guardar los datos que se ingresen al modulo. Este desarrollo sería muy práctico ya que funcionaría como una agenda digital para invidentes. Desarrollar Módulos de enseñanza de diferentes áreas que se puedan implementar en el prototipo. Se deja el registro de Código completo de la implementación con el fin de facilitar las modificaciones de este dispositivo y las posibles mejoras futuras con fines de inclusión social en personas discapacitadas especialmente con recursos limitados. La implementación de un sistema de celdas de lectura braille que complete el prototipo detallado en esta monografía, creando un dispositivo totalmente portable con fines de aprendizaje.

Referencias

[1]. Declaración de los Derechos de los Impedidos (1975). La Convención Interamericana contra todas las formas de Discriminación contra las Personas Discapacitadas OEA (1999) ratificada por Colombia Ley 762 de (2002). [En línea] Disponible en: Instituto Nacional para Ciegos – INCI Fuentes de Información estadística de la población con limitación visual disponible en http://www.inci.gov.co/info_estadistica.shtml (Consultado de 15-10-2009)

[2]. Ley 115 de Febrero 8 de 1994, Congreso de la republica de Colombia. [En línea] Disponible en: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf (Consultado de 18-11-2009)

[3]. Resolución 412 de 2000. [En línea] Disponible en: http://www.pos.gov.co/Documents/Archivos/Normatividad_Regimen_Contributivo/resolucion_412_2000.pdf. (Consultado de 12-03-2009)

[4]. Aprendizaje Sistema Braille [En línea] Disponible en:http://usuarios.discapnet.es/ojo_oido/sistema_braille.htm (Consultado de 09-03-2009)

[5]. RCsystems.V-STAMP,Synthesizer [En línea] Disponible en: http://www.rcsys.com/Downloads/v-stamp.pdf (Consultado de 20-04-2009)

[6]. Modem enfora GSM0108,[En línea] Disponible en http://www.enfora.com/index.cgi?CONTENT_ID=2403&User:LANGUAGE=en (Consultado de 02-03-2010)

[7]. Microchip PIC16F87XA Data Sheet, [En línea] Disponible en: http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf (Consultado 05 -03-2009)

Annotation sémantique des ressources de l'enseignement à distance pour une communauté virtuelle à base d'agents

A, Aziz Oriche[1], B, Abderrahman Chekry[2] et C, Mohamed Khaldi [1]

[1] Université Abdelmalek Essaâdi, Laboratoire LIROSA & LNTE, Tétouan, Maroc
[2] oriche.aziz@gmail.com , a.chekry@gmail.com

Abstract. This paper presents a system based on intelligent agents for the semantic annotation of learning resources, taking into account the context of training. The existing semantic annotations systems treat rarely semantic annotations in the remote education domain (eLearning), the most researchers in education limits the semantic annotations to specific cases (teacher annotations, annotation learner, annotation of electronic documents, ...), all annotations are edited by users refer to an annotation tool, by cons in our approach, we propose a semantic annotation system that is based on four intelligent agents to create the semantic annotation of learning resources, these annotations are guided by ontologies and domain ontologies applications. To manage the communication between agents of annotations and ontologies references we introduced the notion of semantics this view also allows the system to help find relevant information to users.

Keywords:learning resources

1. Introduction.

De nombreux documents, et plus généralement de nombreuses ressources, peuvent être utilisés dans le cadre d'une formation e-formation (ou e-Learning). Certaines de ces ressources sont produites "en interne" par les différents acteurs impliqués dans la formation, d'autres sont disponibles sur le web : cours en ligne, supports de cours, supports de présentations orales (transparents), bibliographies, foires aux questions, notes de lectures, etc.

Pour répondre à l'augmentation constante du nombre de ressources, les moteurs de recherche devraient être capables de fournir des réponses plus précises et gérer des requêtes plus complexes, intégrant les connaissances de l'utilisateur. Vu la nécessité d'une description formelle du contenu des documents pédagogiques en ligne, nous voyons qu'il est intéressant d'intégrer des agents logiciels capables d'étiqueter sémantiquement les ressources textuelles ou multimédias, par des métadonnées, d'une part, et de les exploiter pour améliorer la recherche d'information, d'autre part. La formalisation de pages web existantes se définit comme la tâche d'annotation sémantique et automatique.

Les systèmes d'annotation automatique existants sont essentiellement syntaxiques. Une annotation automatique des aspects sémantiques des pages web nécessite la résolution du problème d'identification des concepts appropriés au contenu de chaque ressource web et au profil de chaque type d'utilisateur, vis-à-vis des ontologies utilisées [5].

Les données actuelles du web sont encore trop souvent écrites en langage naturel, car destiné aux humains. Le langage naturel étant par essence trop ambigu, des alternatives formelles et sémantiquement explicites doivent être mises en place pour lever les ambiguïtés du langage naturel, aussi bien dans le contenu des ressources que dans leurs annotations. La tâche d'annotation pour le web sémantique consiste donc à prendre en entrée une ressource documentaire et fournir en sortie le même contenu enrichi par des annotations sémantiques basées sur des représentations de la connaissance plus ou moins formelles [5].

Cette thèse a pour objectif de décrire le contenu des ressources pédagogiques en les annotant avec des informations non ambigües afin de favoriser l'exploitation de ces ressources par des agents logiciels et pour gérer et annoter le contenu pédagogique mis à disposition des apprenants et enseignants lors d'une formation en ligne.

2. Développement de l'approche

2.1. Vue sémantique : intermédiaire entre ontologie, annotation sémantique et les concepts à annoter

La conception de notre solution d'annotation sémantique repose sur deux axes principaux : a) définition des ontologies de domaine et d'applications pour définir un vocabulaire commun entre les acteurs de la formation, b) annotation des ressources pédagogiques en tenant compte du contexte de la formation (figure 1)

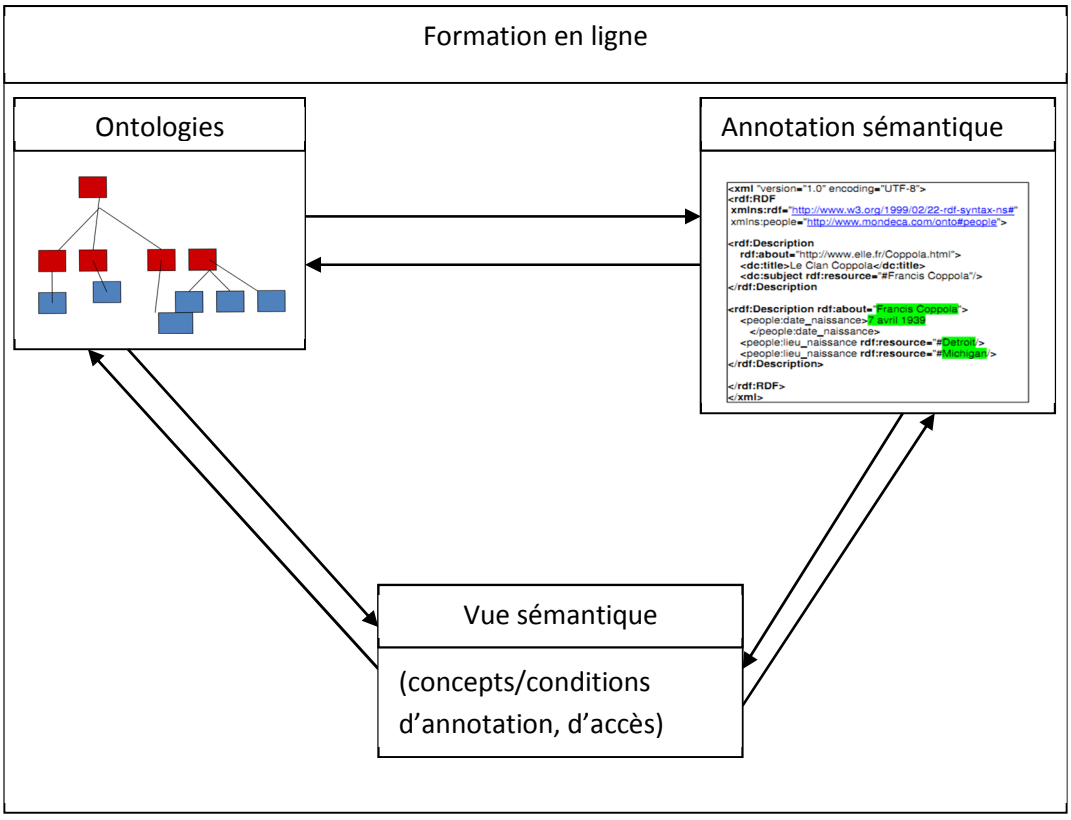


Figure 1: Les axes de la formation en ligne

L'axe d'annotation sémantique se décompose en deux phases :

- une phase d'annotation sémantique
- une phase pour appliquer des contraintes sur les concepts à annoter ainsi que leur accès d'auprès les utilisateurs

L'objectif du vue sémantique dans notre conception est de :

- Classifier les instances des concepts selon le contexte de formation pour guider l'utilisateur durant son apprentissage
- Améliorer le processus de recherche des informations pertinents qui répond aux besoins des utilisateurs

Pour assurer le processus de communication entre les différents composants de notre système d'annotation, nous faisons recours aux technologies des systèmes multi-agents.

2.2. Axe1 : Ontologies pour définir un vocabulaire commun entre les acteurs de la formation

Pour définir un vocabulaire commun entre tous les acteurs de la formation, nous somme intéressés de définir des ontologies pour capitaliser les ressources, les informations et les connaissances d'une formation. La définition des notions à aborder au moyen d'ontologies permet de définir un vocabulaire commun entre les différents acteurs de la formation. La construction d'ontologies nécessite un travail d'explicitation des notions (concepts) à enseigner et des relations qu'elles entretiennent et permet de clarifier le contenu réel d'une formation.

La mise en œuvre d'une telle approche nécessite le développement d'une démarche méthodologique qui intègre des dimensions venant de différents domaines de recherche :

- L'ingénierie éducative, pour la détermination des métadonnées, des notions à aborder (concepts) et les relations entre ces notions ;
- L'ingénierie des connaissances, pour la gestion du contenu d'une formation au moyen d'ontologies ;
- Le web sémantique, pour la structuration et l'annotation sémantique des ressources pédagogiques.

Dans le contexte de notre solution nous somme en cours de développé deux types d'ontologies :

Ontologies de domaine : Définit des concepts du domaine formation, qui restent génériques pour ce domaine, tels que : rapports, livres, supports de cours pour les documents. Cette ontologie sera exploitée pour chaque formation particulière.

Ontologies d'applications **:** Définit les concepts d'une application donnée.

Le développement de ces ontologies à pour but de [1] :

- Permettre à chacun des membres de l'organisation de bien comprendre la signification de chaque terme utilisé;
- Favoriser la communication entre l'ensemble des membres de l'organisation, grâce à une définition claire et significative de tous les concepts utilisés.

- Mieux indexer les ressources informationnelles décrivent les concepts ontologiques.

Le processus de construction d'une ontologie exploitable au sein d'un système de formation repose sur deux étapes : l'*ontologisation* et l'*opérationnalisation [1]*.

- **Ontologisation "Ontologie *Conceptuelle*" :** consiste à construire une spécification structurée en langue naturelle d'une ontologie conceptuelle;

- **Opérationnalisation :** consiste à coder l'ontologie conceptuelle obtenue à la 1er étape à l'aide d'un langage de programmation.

Méthodologie de construction

Parmi les méthodes de constructions des ontologies existantes nous avons choisi la méthode développée par l'équipe IC de LaRIA pour le développement de l'ontologie de domaine. Nous avons fait ce choix pour les raisons suivantes :

- OntoSpec est une méthode de spécification semi-informelle,

- Cette méthode permet de faire apparaître différents points de vue dans la taxinomie (*utilisation de la notion d'axes sémantiques*).

- La grande diversité des ressources entrant en jeu dans une formation : livres, support de cours, interviews, etc.

Pour construire l'ontologie d'application, la méthode développée par [Bernaras *et al*, 1996] a été utilisée, elle repose sur trois étapes :

Ce choix peut être justifié par deux raisons :

- Cette méthode est conditionnée au développement d'une application, en d'autres termes elle est adaptée à la construction des ontologies d'application plutôt que des ontologies de domaines.

- Elle s'articule autour d'un ensemble de termes qui doit être transformé en une ontologie. Dans le cas de notre projet, on disposait au début d'un ensemble de termes qui sont couramment utilisés dans le milieu d'enseignement universitaire. A titre d'exemple on peut citer: enseignant, module, support du cours, série de TD, série de TP... etc.

2.3. Axe2 : Annotation sémantique à base d'agents intelligents

Dans notre solution d'annotation nous proposons un module à quatre agents intelligents permettant l'annotation automatique des concepts des ressources pédagogiques, ces concepts sont représenter dans des ontologies qui définissent un vocabulaire commun entre les acteurs de formation. (Figure 2):

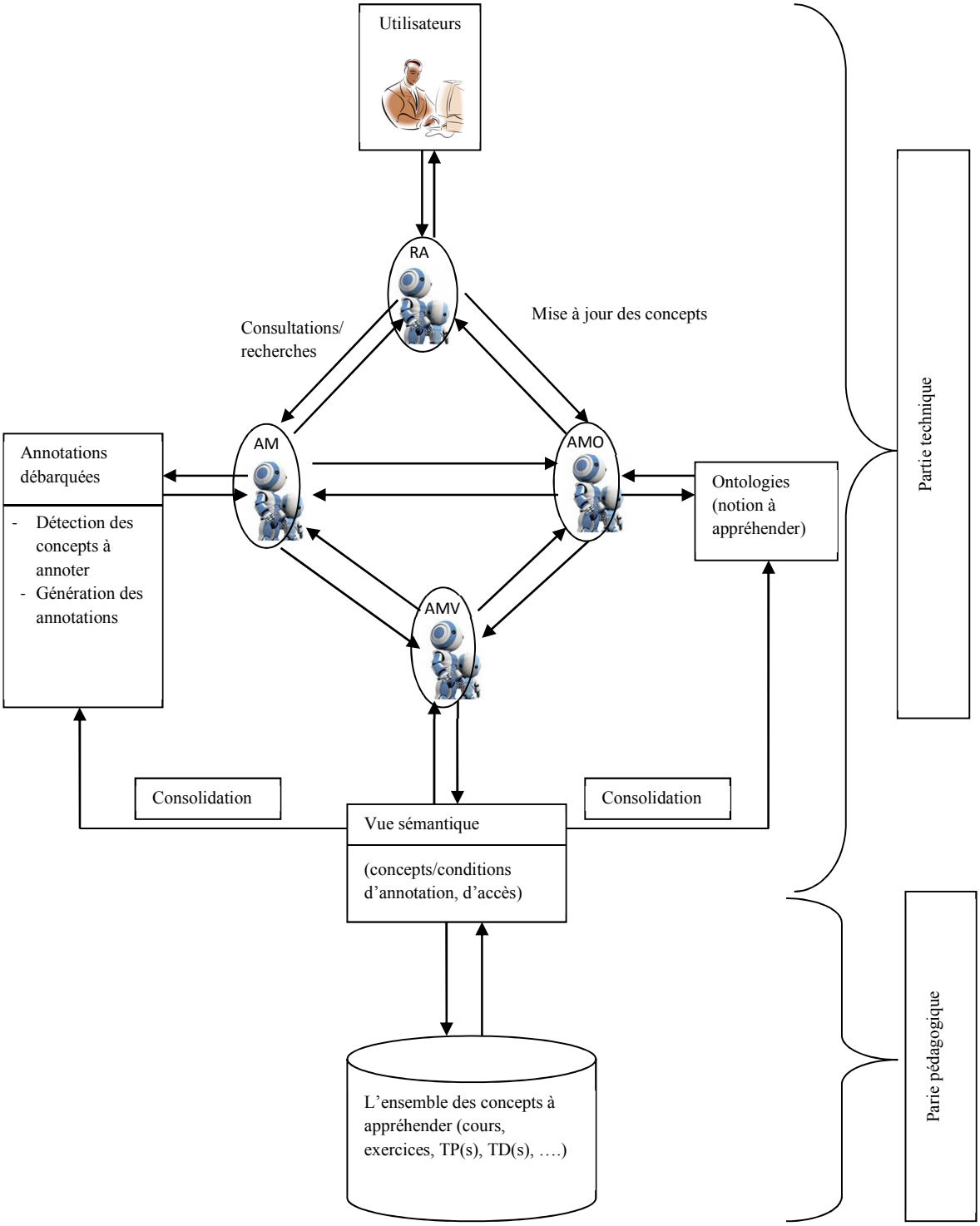


Figure 2: Vue globale de notre solution d'annotation

MA : Agent directeur

AMA : Agent gestionnaire d'annotations

AMV : Agent gestionnaire de vue

AMO : Agent gestionnaire d'ontologies

Les utilisateurs génèrent en général deux événements : un événement de consultation d'annotation (ECD) (dans le cas d'un apprenant) et un événement de mise à jour des concepts de l'ontologie (EMCO) (dans le cas de l'enseignant ou de l'administrateur de la formation). L'agent (AD) reçoit l'événement transmis par l'utilisateur, il analyse cet événement, puis il le retransmis soit à l'agent (AMA), soit à l'agent (AMO) selon le type d'événement, l'agent (AMA) s'occupe de la génération des annotations des instances des concepts définit dans l'ontologie et qui sont candidat pour l'annotation, ces annotations sont placés dans des fichiers séparer stocker en dehors du document source.

L'agent (AMV) s'occupe de l'application des contraintes et les conditions définit dans la vue sémantique, cette vue est utilisée comme traducteurs des règles qui sont définit soit par les utilisateurs, soit par l'administrateur de la formation, à partir de ces règles l'agent (AMV) décide la façon avec laquelle les informations seront présentées à l'utilisateur, cet agent permet aussi d'améliorer le processus de recherche des informations pertinentes qui répondes bien aux requêtes des utilisateurs, le raisonnement sur l'information pertinente est effectuée à l'aide des techniques de recherche définit ultérieurement.

L'agent (AMO) émet un message de mise à jour aux agents voisins (AMA) et (AMV) lors d'une modification des concepts ou de l'ontologie de référence pour que ces agents ((AMA) et (AMV)) mettre à jour en correspondance les annotations sémantiques et la vue sémantique du système.

En fin la phase de consolidation est assurée par l'administrateur de la formation pour corriger les erreurs d'annotations qui ne correspond pas aux concepts spécifique de l'ontologie, cette étape est facultatif est peut être ignoré par l'administrateur de la formation.

3. Conclusions.

Nous avons présenté une approche innovatrice pour la gestion d'une formation en ligne combinant l'ingénierie d'ontologie, le Web sémantique et les systèmes multi-agents dans une solution intégrée. L'intégration d'une approche d'ingénierie des connaissances (formalisation de connaissances sur les ressources dispersées en ligne par des annotations sémantiques basées sur des ontologies) et de l'intelligence artificielle (systèmes d'information de plusieurs agents couplés par une coopération au niveau sémantique) peut constituer un nouveau paradigme puissant pour la conception d'une formation en ligne.

References

[1] [Benayeche, 2005] Benayache A. Construction d'une mémoire organisationnelle de formation et évaluation dans un contetxe e-learning le projet Memorae. Thèse de Doctorat, spécialité Informatique, Université de Technologie de Compiègne,2005.

[2] [Yannick et al., 07] Yannick P., Nack F., Annotations et Intelligence Artificielle, LIRIS FRE 2672 CNRS–Université Claude Bernard Lyon 1, 19/02/07.

[3] [Berners-Lee, 98] Berners-Lee T., Weaving the Web, Harper Eds, San Francisco, 1998, 226 p.

[4] [Handschuh et al., 03] Handschuh S. et Staab S. (Eds).. Annotation for the semantic web. Vol. 96 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press. 2003.

[5] [Amardeilh, 07] Amardeilh F., Web sémantique et Informatique Linguistique : Propositions méthodologiques et réalisation d'une plate forme logicielle, thèse de doctorat, Université Paris-x-Nanterre, 10 mai 2007.

[6] [Nilsson et al., 02] Nilsson M., Palmer M., Semantic Web Metadata for e-Learning - Some Architectural Guidelines. 11th World Wide Web Conference (WWW2002). Hawaii, USA. 2002.

[7] Yannick Prié*, Serge Garlatti. Méta-données et annotations dans le Web sémantique. LIRIS FRE 2672 CNRS – Université Claude Bernard Lyon 1, Laboratoire2 Département IASC GET - ENST Bretagne.

[8] S. Handschuh et S. Staab (Eds).. Annotation for the semantic web. Vol. 96 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, IOS Press. 2003.

[9] M. Nilsson, M. Palmer, et al. Semantic Web Metadata for e-Learning - Some Architectural Guidelines. 11th World Wide Web Conference, (WWW2002). Hawaii, USA. 2002.

[10] BRACHMAN R. (1983). What IS-A Is and Isn't: An analysis of taxonomic links in semantic networks. IEEE Computer, 16(10), 30–6.

[11] BRACHMAN R. J., MCGUINESS D. L., PATEL-SCHNEIDER P. F., RESNIK L. A. & BORGIDA A. (1991). Living with Classic: When and how to use a KL-ONE-like language. In J. F. SOWA, Ed., Principles of Semantic Networks, chapter 14, p. 401–456. San Mateo,

[12] Ca. Morgan Kaufmann Publishers.

[13] Jean Charlet, Bruno Bachimont, Raphaël Troncy, Ontologies pour le Web sémantique, Mission de recherche STIM, AP-HP & INSERM ERM 0202, Institut National de l'Audiovisuel, Université Technologique de Compiègne, ISTI-CNR

[14] WOODS W. A. (1991). Understanding subsumption and taxonomy: A framework for progress. In J. F. SOWA,Ed.,Principles of Semantic Networks, chapter 1, p. 45–94. San Mateo, Ca: Morgan Kaufmann Publishers.

[15] Wooldridge, Jennings, Kinny, A Methodology for Agent-Oriented Analysis and Design. In Proc of Autonomous Agents '99 Seattle, ACM 1-58113-066-x/99/05

[16] Berners-Lee, Hendler, Lassila, The Semantic Web, Scien-tific American, May 2001:35-43

[17] Fabien Gandon, Rose Dieng-Kuntz, Olivier Corby, Alain Giboin , Web Sémantique et Approche Multi-Agents pour la Gestion d'une Mémoire Organisationnelle Distribuée INRIA - Projet ACACIA, 2004, route des Lucioles, B.P. 93, 06902 Sophia Antipolis, France

[18] Alex De Koning, « Les Agents Intelligents », (Techno 19), Publication technique de la SmalS-MvM / Technische uitgave van de SmalS-MvM.

[19] Azzeddine CHIKH, « Une approche méthodologique de réutilisation en ingénierie de document. Application au e-learning », 2003/1-2 - Volume 7 ISSN 1279-5127 | pages 59 à 88.

[20] Alex De Koning, « Les Agents Intelligents », (Techno 19), publication technique de la SmalS-MvM / Technische uitgave van de SmalS-MvM.

[21] Sabri Boutemedjet, « Web Sémantique et e-Learning », Hiver 2004.

[22] Michel Buffa, Sylvain Dehors, Catherine Faron-Zucker, Peter Sander, « Vers une approche Web Sémantique dans la conception d'un système d'apprentissage. Revue du projet TRIAL SOLUTION ».

[23] Hakim MOKEDDEM, Faiçal AZOUAOU, Cyrille DESMOULINS "Ontologie de la sémantique de l'annotation pédagogique de l'apprenant" Ecole nationale Supérieure en Informatique (E.S.I) Oued Smar Alger, Algérie

La conception et la modélisation de la scénarisation pédagogique

AULAD BEN TAHAR Maroua, NASSIH Azzedine, et KHALDI Mohamed

Laboratoire informatique recherche opérationnelle et statistique appliquée, UAE, Tétouan, Maroc,
Maroua-auladbentahar@hotmail.fr

Abstract. La conception et la modélisation d'un scénario pédagogique dans ses dimensions statique et dynamique sont des tâches complexes, cette complexité concerne d'un côté l'enseignant qui planifie les différentes activités de l'apprenant, et d'autre côté l'informaticien qui prend en charge le développement d'outils et des supports à ces activités.
La conception d'un scénario est donc le résultat d'une intervention multi-acteur qui doit être supportée par des méthodes, des techniques de modélisation afin d'assurer la qualité pédagogique. Le but de cet article est de présenter une conception de la scénarisation pédagogique par la mise en exergue des divers outils graphiques de modélisation ainsi pour favoriser la réutilisation et l'adaptation des approches pédagogiques ainsi nous présentons la standardisation des scénarios qui est un moyen indispensable. Finalement les scénarios de conception offrent des outils méthodologiques à l'usage des ingénieurs pédagogiques pour les aider à améliorer la qualité des scénarios d'apprentissage.

Keywords: scénario pédagogique, réutilisation de scénario.

1. Introduction.

2.1. La notion de scénario.

L'origine du mot scénario vient du domaine de l'audiovisuel et la mise en scène d'un texte écrit, qu'il soit théâtral littéraire ou cinématographique, dans ce dernier cas le texte écrit est le scénario « le terme emprunté à l'italien, désigne le récit verbal qui correspond à un film : ce que le film raconte avec des images et des sons le scénario le raconte avec des mots » (ROCHE ET TRANGER, 2001).

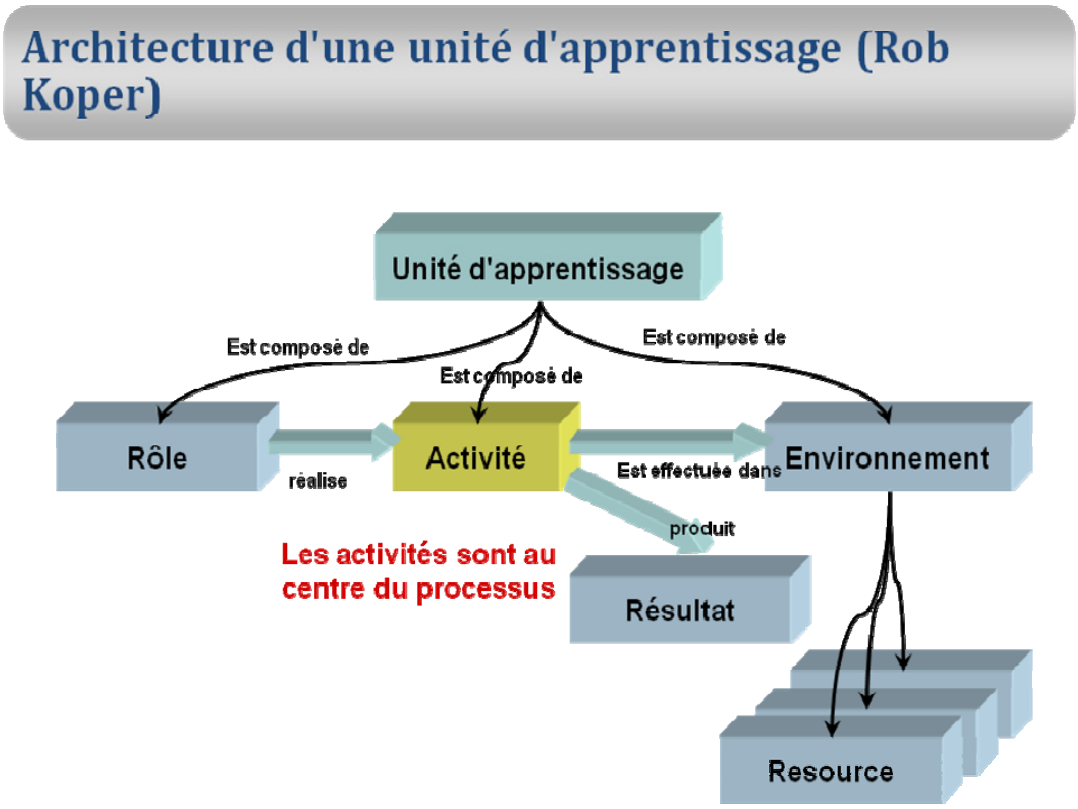
2.2. Scénario pédagogique :

Nous définissons un scénario pédagogique comme un ensemble ordonné d'activités régies par acteurs qui utilisent et produisent des ressources (ou « objet d'apprentissage »). Ce concept de scénario pédagogique peut être relié à d'autres concepts, comme ceux de « plan de cours », « plan d'étude », « méthode d'apprentissage », «méthode pédagogique » ou « stratégie ou tactique d'enseignement ».

2. Developing the problem.

2.1. La modélisation du scénario :

Depuis le début des années 2000, un ensemble de travaux de recherche et d'initiative de terrain visent à proposer ou à utiliser des modèles, des méthodes et des outils pour concevoir, mettre en place, exploiter et analyser les scénarios d'apprentissage. Sur le plan international, on peut citer en particulier les travaux menés par Koper et Tattersall,(2005) portant sur les langages de modélisation pédagogique et plus spécifiquement autour de la proposition IMS (Instructional Management System) Learning Design ainsi que ceux de Paquette (2006) conduisant à développer une approche en ingénierie éducative supportant le développement d'environnements d'apprentissage en ligne ces travaux ont contribué à faire émerger, au sein des communautés éducatives, le concept de scénario pédagogique comme un composant essentiel des systèmes d'apprentissage en ligne. Le but poursuivi par ces chercheurs et leurs équipes est « d'explorer comment améliorer la qualité pédagogique des cours en ligne, dans une voie interopérable, avec les outils d'usage facile ».



2.2. Les stratégies de réutilisation de scénario pédagogique

Plusieurs questions se posent à ce propos : quels éléments réutilisables faut-il mettre à disposition des concepteurs pédagogiques ? Comment, dans une perspective de réutilisation ultérieure, abstraire dans un scénario existant ce qui peut être ou non réutilisable ? Comment le concepteur peut-il retrouver une solution ou des éléments de solution lui permettant de proposer un scénario adapté à ses objectifs et à son contexte particulier ?

Afin de répondre à ces questions, nous fournissons dans cette contribution un ensemble de critère permettant de distinguer les différentes approches de réutilisation de scénario. Nous proposons ainsi de définir plus précisément :

1. Les stratégies de partage des objets appelés à être réutilisés.
2. Les stratégies de réutilisation de ces objets par les concepteurs.
3. Les stratégies de recherche d'objet dans banque de données.

3. Les stratégies de partage des objets réutilisables

Parmi les travaux actuels visant la mise en place des mécanismes de mutualisation de scénarios pédagogiques, deux approches peuvent être distinguées. La première, illustrée par le projet IDLD (Lundgren-Cayrol, Marino, Paquette, Léonard et De La Teja, 2006), propose des banques de scénario notamment modélisés dans un langage de notation tel qu'IMS-LD et indexés à l'aide d'un jeu spécifique de métadonnées LOM pour les objets d'apprentissage. L'objectif principal est de permettre la réutilisation d'un scénario modélisé selon un langage de notion interopérable pour l'adapter et le mettre en œuvre dans un contexte technique différent du premier. Si ces travaux sont indispensables pour assurer la réutilisation dans le cadre de l'ingénierie de formation à distance, il semble nécessaire de les enrichir pour les rendre manipulables par les enseignants dans un cadre académique. Une seconde approche consiste donc à mettre en place des banques de pratiques pour les enseignants, telles que les bases proposées par le ministère de l'éducation (EDU'bases) (prim TICE). Les scénarios y sont indexés avec des champs différents selon les disciplines et leur description peut prendre des formes très variables allant de simples narrations de pratique jusqu'à des formalisations proches des langages de notation (Macedo et Perron, 2007).

Les objets de type scénario mis à disposition sont essentiellement de deux types. On peut ainsi trouver des scénarios instanciés décrivant les différentes facettes de la situation d'apprentissage à mettre en place. La mutualisation de ces scénarios fortement contextualisés résulte en général d'un processus de validation émanant d'une autorité qui en vérifie le caractère « exemplaire ». C'est par exemple le processus choisi par les banques de pratiques EDU'bases ou PrimTICE qui sont validées au niveau académique.

On peut également trouver des gabarits de scénarios proposant des ossatures à partir desquelles peuvent être dérivées des solutions différentes selon les contextes ; c'est également un des objectifs du répertoire IDLD ou d'outils spécifiques de conception de scénarios tels que l'outil d'édition COLLAGE, qui permet la création de scénarios collaboratifs à partir d'un catalogue de patrons prédéfinis (Hernandez-Leo et al. 2006).

On peut également imaginer de disposer de répertoires de composants permettant de structurer l'organisation et le déroulement d'un scénario à des niveaux plus ou moins élevés de granularité. De tels composants pourraient être agencés ou agrégés pour constituer une solution adaptée au besoin d'un concepteur en fonction de son contexte. C'est par exemple la démarche proposée par la méthode des Pléiades (Villiot-Leclercq, 2007), qui propose une métaphore astronomique (concepts de constellation, de pléiades et d'étoiles) pour soutenir la démarche de conception.

4. stratégie de réutilisation des objets

Pour un concepteur donné, plusieurs stratégies peuvent être mises en œuvre pour élaborer un scénario adapté à ses objectifs et à son contexte à partir d'objet retrouvés dans des répertoires spécialisés. Trois

grandes classes de stratégies, liées étroitement aux types d'objets décrits ci-dessus, peuvent ainsi être définies.

Les stratégies d'imitation sont les plus couramment mises en œuvre à partir de «solutions éprouvées ». Elles consistent à s'inspirer de scénarios « exemplaires » instanciés dans un contexte précis. La difficulté pour l'utilisateur vient alors de la nécessité de distinguer au sein du scénario, d'une part ce qui relève du contexte initial de mise en œuvre, et d'autre part ce qui relève d'invariants pouvant être réappliqués dans de nouveaux contextes. Dans ce cas, un important travail d'appropriation, de décontextualisation puis d'adaptation doit être effectué.

Les stratégies d'instanciation se fondent sur la réutilisation de gabarits qui ont été élaborés le plus souvent à partir de solutions dont on a pu établir le caractère transférable. Le travail concepteur revient ici à choisir le gabarit le mieux adapté à son contexte pour ensuite en décrire les particularités propres. La complexité réside alors davantage dans la recherche du gabarit approprié que dans ses possibilités d'adaptation, qui ont été approprié prévues lors de l'élaboration du gabarit.

Enfin, les stratégies de composition consistent, pour le concepteur, à agréger des composants retrouvés dans répertoires pour construire une solution adaptée à ses besoins propres. Dans ce cas, il est nécessaire de s'appuyer sur un modèle conceptuel structurant précisant les relations entre les différents composants : le modèle doit être suffisamment « communicable » pour être partagé par un ensemble identifié de concepteurs. C'est un des objectifs poursuivis par la méthode des Pléiades, qui propose une métaphore pour représenter différentes granularités de scénarios ; une activité élémentaire est une étoile, un regroupement de plusieurs activités est une pléiade, un regroupement de plusieurs regroupements ou pléiades est une constellation (Villiot-Leclercq,2007). C'est également la voie que nous explorons actuellement au travers du développement d'un environnement de conception reposant sur un modèle conceptuel issu des réflexions présentées dans cet article. Ce modèle ISiS décompose la conception d'un scénario comme une imbrication de trois niveaux successifs : expression des intentions (I) du concepteur, des démarches ou des stratégies (S) qu'il adopte, puis des situations d'interaction (iS) qu'il sélectionne pour répondre à ses exigences.

5. stratégie de recherche des objets

Un dernier critère concerne le mode de recherche d'objets réutilisable qui comme nous l'avons vu, peuvent être soit des scénarios complets, soit des ossatures de scénarios, soit des composants de scénarios. Deux grands types de modalités de recherche sont envisageables :

Les stratégies classiques de recherche reposent sur des techniques d'indexation d'éléments à l'aide de mots-clés ou de métadonnées. Elles permettent à l'utilisateur de retrouver le type d'objet qu'il recherche après avoir formulé une requête précisant un nombre variable de critères. Ce type de démarche, adoptée par les répertoires tels qu'EDU'base, PrimTICE ou IDLD. Se heurte à un écueil fréquemment identifié en systèmes d'information : difficulté à trouver un équilibre entre une indexation trop précise et une recherche efficace.

Une autre approche consiste à s'appuyer sur des patrons de conception (design patterns) (Alexander, Ishikawa et Silverstein, 1977) pour proposer au concepteur des solutions éprouvées pour un problème récurrent dans un contexte donné. C'est la solution que nous préconisons dans l'environnement de conception que nous réalisons actuellement pour opérationnaliser le processus de conception présenté dans cet article. En l'occurrence, il s'agira pour le concepteur de retrouver des composants en fonction

de l'étape du processus dans laquelle il se trouve et qu'il pourra intégrer progressivement. Ainsi, le concepteur pourra notamment, en tenant explicitement compte d'éléments du contexte, 1) retrouver des stratégies ou des démarches didactiques adaptées aux intentions qu'il veut mettre en œuvre ; et 2) retrouver des situations types d'interaction adaptées aux stratégies retenues.

Conclusion.

Dans cette contribution nous avons présenté la notion de scénario, la modélisation de scénario pédagogique ainsi que les stratégies de réutilisation de ce dernier.

Références

[1] Alexender, C., Ishikawa, S. et Silverstein, M. (1977). A pattern language : Towns, Building, construction. New York : Oxford University Press.

[2] Hernandez-Leo, D., Villasclaras-Fernandez , E. D., Adensio-Pérez, J. I., Dimitriadis, Y., Jorrin-Abellan, I. et al. (2006).COLLAGE : A collaborative learning design editor based on patterns.

[3] Centre de recherche LICEF (dir.). (2007). Scénariser les activités de l'apprenant : une activité de modélisation. Acte du colloque Scénario 2007. Récupéré le 3 mars 2008 du site LICEF,

[4] http://wwwlicef.teluq.uquebec.ca

[5] koper, R et Tattersall, C. (dir). (2005). Learning design. A handbook on modelling and delivering networked education and training. Berling Heidelberg : Spronger-Verlag.

[6] Landgren-Cayol, K., Marino, O., Paquette, G., Léoanard, M. et De La Teja, I. (2006). Implementation and deployment process of IMS learning design : Findings from the Canadian IDLD reserch project. Dans Proceedings of the Sixth IEEE International Confernece on Advanced Learning Technologies (p.581-585). Washington, DC : IEEE computer Society.

[7] Macedo, M. et Perron, J-M. (2007). Caractérisation des scénarios pédagogiques utilisant les TICE. Dans Actes de la conférence Environnement informatique pour l'apprentissage humain (EIAH 07) (p. 101-112). Paris/Lyon : Association des technologies de l'information pour l'éducation et la formation [ATIEF] et institut national de recherche pédagogique [INRP].

[8] Paquette, G (2006). Introduction à la spécification IML-LD d'une perspective d'ingénierie pédagogique. Récupéré le 7 septembre 2007 du site IDLD (déploiement et implantation de la spécification pour les designs d'apprentissage),

[9] http://www.idld.org/Methodology/tabid/174/default.aspx

[10] Villiot-Leclerq, E. (2007). Modèle de soutien pour l'élaboration et la réutilisation de scénario pédagogique. Thèse de doctorat non publiée, université Joseph Fourier/ Université de Montréal, France/ Canada.

[11] Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire.

Online identity and producer's credibility in the participatory web

Anouar Abtoy[1], Noura Aknin[1], Boubker Sbihi[2], Ahmed El Moussaoui[1] and Kamal Eddine El Kadiri[2],

[1] LaSIT, [2] LIORSA
Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaâdi University, Tetouan, Morocco

Abstract. Since its appearance in 2004, Web 2.0 has revolutionized the nature of the relationship between users and information. Its evolution remains belated and limited because many problems such as the information overload, the absence of the quality of the information and the credibility of producers, the low participation rate… making Web 2.0 unable to meet the requirements imposed by the social and the collaborative evolution caused by globalization. Among the major limits of Web 2.0 exists the producer's credibility which emerges as an essential and necessary vector of development for a collaborative 2.0 applications that offers credible information with a better quality. This article is a part of a scientific research in the field of information and content's quality produced and published in the context of Web 2.0. First of all, we aim to give an overview of the concept of the author's credibility in the earlier web, and then we present the challenges related to the users online identity in the context of the participatory web complicate the evaluation of the producer's credibility. Finally, we will present our approach to conceive identity management platform for Web 2.0 applications that provide an enhanced online identity that its credibility can be evaluated.

Keywords: web 2.0, online identity, producer's credibility, participatory web.

1. Introduction.

The Web 2.0 has become a popular term that represents the major evolution of the web applications philosophy and their usage. It was introduced in October 2004 by Tim O'Reilly [1] with seven principles constituting the web 2.0 fundamental stack:

- The Web is a services platform.
- The power of collective intelligence should be exploited efficiently.
- Data is the next Intel inside.
- End of the software release cycle.
- Lightweight programming models
- Software above the level of a single device.
- Rich user experiences.

The applications of web 2.0 changed the way of using web of both ordinary users and professionals by offering a rich responsive user interfaces, dynamic contents and services interoperability. The following table regroups essential web 2.0 tools and their utility:

Tool	Utility
Blog	Publish and share content
Wiki	Collective Intelligence
Social network	Create online communities
RSS	Information awareness
Tag	Customize and improve research
Podcast and Videocast	Share audio and video contents

Table 1: Web 2.0 tools and their utility [2]

The improvements brought by web 2.0 made a revolution in the internet world. But even though, it has several limitations which represent obstacles to its development [2] such as: the heterogeneous and the low rate of users's participations, the content lifetime and its out-datedness, the lack of security and copyright policy, the need of semantics in order to improve content's searching and the quality of content's information and its obesity. Among these problems, the authors or producers credibility rises as a major concern for researchers.

Firstly, we will present the intuitive indicators and criteria that we used in the early web to recognize the author or the producer credibility. Then we will give an overview of the concept of content in the context of web 2.0 applications, and also the limitations of the classic author's credibility model toward the second generation of web applications. Finally, we will present our vision concerning a solution for producer's credibility and identity that takes into account the collaborative web's particularities.

2. Producer's credibility in the early web.

The concept of content production has known a major evolution in the transition between web 1.0 and web 2.0.In the earlier web, the creation and the publishing of content was a privilege restricted to organisations and enterprises, and personal web sites were rare. This limitation was due to the fact that internet access was limited, hosting fees were expensive, and websites technologies were complicated and needs technical skills. Therefore; each web site has a clear identity. The circle of content's editors and producers was restricted and known [3]. The indicators that we used to evaluate the producer or the author creditability in certain subject or topic were basically the traditional ones:

- Producer's identification: clear identification of author's name. Also the possibility to contact him via traditional means of communication: phone, mail or Fax.
- Explicit presentation of the producer: indication of the profession, the status, the field of the author.
- Producer's affiliation: indication of the organization affiliation of the author: academic, professional...
- Level of expertise on the subject: the level of education that the author reached and its specialization. Also his expertise and professional specialization. His skills and personal experience might be taking into account in certain subjects.
- Anterior publications: his publications on the same subject or similar ones. Also the nature and the type of publications. The recognition of these publications (citations ...) is a major criterion.

- Producer reputation: the identity of the other as defined by others, mainly on the real world (offline).
- Producer positioning regarding the subject: he remained neutral or involved his opinion on the subject.

3. Producer's credibility and the web 2.0.

The philosophy of web 2.0 has made the production of content so easy regarding to the anterior version. The wide range of application offered by the participative web gives the opportunity to users to create and publish content, resulting user-generated content UGC and user-created content UCC that comprises various forms of media and creative works (written, audio, visual, and combined) created by Internet and technology users [4]. Blogging, podcasting, social bookmarking, social networking and wiki writing are the examples of web 2.0 authoring forms.

The internet users rely on web to seek information in order to make decisions that affect every aspect of their daily life such as whose candidate will vote for in the elections [5]. This shifting made the web an essential information source and concurrent to traditional media. That why the need for criteria to evaluate the author or the producer content credibility on the web become a must. The majority of the author's credibility criteria used in the traditional publication means and the early web can't be applied easily for the UGC and UCC on the web 2.0 because of several limitations, mainly web 2.0 usage particularities and identity issues on the net [6]:

- Collective production: collaborative knowledge has being constructed mainly by collective authorship enabled by wiki technology [7]. Content can be produced and continuously edited by the community, but erroneous and mislead information can be added to content using fake profiles [8]. Also, the name of contributors remains in the background.
- Anonymous contribution: Although web 2.0 has significantly increased the participation of the internet users, the tendency of posting anonymous content still present [9][10].
- Multiple identities: users might multiple profiles on various platforms results a contradictory and divergent identity on the net [11].
- Identity theft: is critical issue imposed by the web 2.0 era [12]. Anyone can have basic and essential information from search engines, social network... This valuable information can be used to make a fake profile and then publish content with it.
- Plagiarism: users re-publish others's content as it's their own, causing a challenging task to determine the real authors and therefore their credibility. For that reason, the Internet is described as the cause of a perceived increase in plagiarism [13].
- Sharing functionality: popular among users especially in social networks. Therefore, serial sharing or embedding content sharing removes the trace to the real authors [14].

4. Online identity for web credibility.

We believe that the key solution to create an efficient model of the producer or the author's credibility in the context of web 2.0 applications is solving the user's identity issues. To achieve this goal, the future applications of web should rely on identity management system with:

- Biometrics usage: the wide spreading of the usage of biometrics and its integration in our daily life devices (PCs, Laptops, PDAs, phones....) offers a great opportunity to ensure the uniqueness of the user's profile.
- User-centric system: think on the human user as an integrated component of his online identity by giving him more control on his identity information.
- Independent identity platform: the identity management system should be decoupled form applications platform.
- Platform interoperability: the system works and collaborates with the other systems in order to offer a portable identity that is valid anywhere in the web. The alliance of the identity platform under the same standard will create real identity ecology on the web.

Our approach consists to develop an identity management system based on the concepts mentioned above. In addition to the essential identity information (name, gender, biometric fingerprint...), the platform provide a profile that is associated to the user. The applications that support the platform standard gather information and then send it to the system in order to build and update the profile based on the user's life on the web (Fig.1).

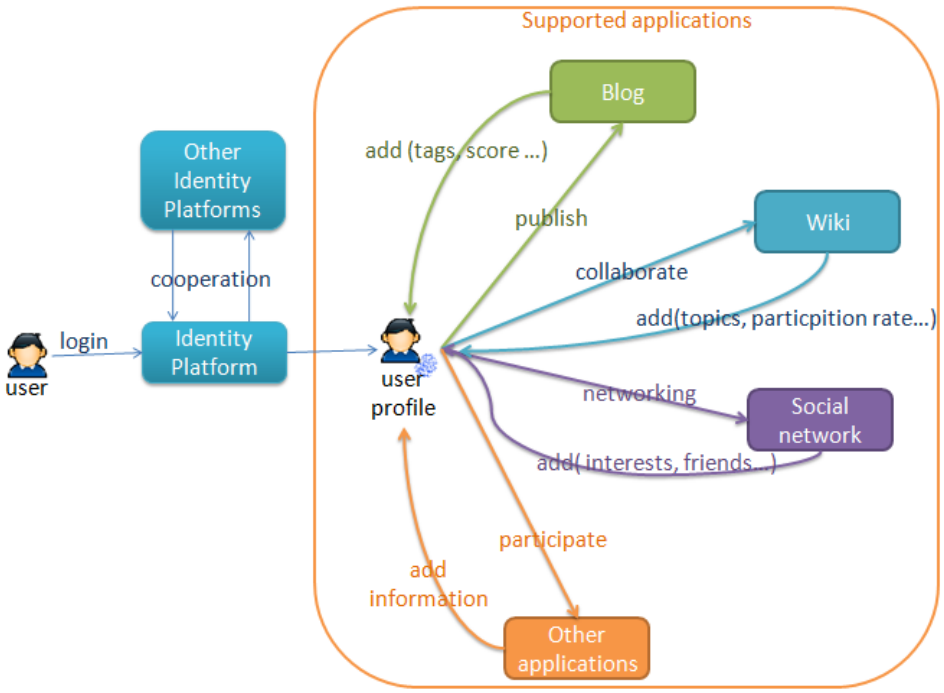


Fig. 1 User profile and the web applications.

For example, if the user publishes a blog post, the blog system detects the main topic and the tags of the subject and then this information will be added to his profile on the identity platform. The user profile will accumulate areas of expertise and skills that will help in the evolution of his credibility in certain subjects, thus allowing its evaluation (Fig. 2).

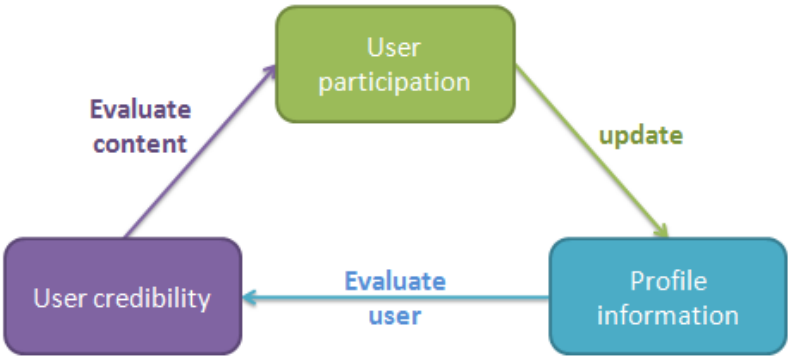


Fig. 2 User credibility and content quality using user's profile.

The applications that support the identity platform will continuously feed the system with valuable information that constructs the user online identity. The uniqueness of the user profile based on his online life will offer a basic model that we can evaluate its credibility by using enhanced criteria of credibility that takes into account the web 2.0 applications particularity.

5. Conclusions.

The rise of web 2.0 and the popularity of its applications and services made content production easier due to the fact that is doesn't need any technical skills and background. As a result, the web becomes a huge container for contents produced in collaborative environments, and the producer's credibility becomes a necessity in order to evaluate the quality of the information source. The criteria used in to evaluate offline producer can't be applied to the web 2.0 applications producers because of the usage particularity and the online identity issues. We presented our approach regarding the online identity on the participatory web based on the biometrics and the information gathered from the web 2.0 applications to construct a user profile that can be evaluated.

References

[1] T. O'Reilly, "What Is Web 2.0", (2005), Available: http://oreilly.com/web2/archive/what-is-web-20.html accessed 10 March 2011.

[2] B. Sbihi, "Web 2+: Vers une nouvelle version du web 2.0", Journal of Information and Communication Technologies, [Online], vol.35, no.2, 2009 pages (pp. 12-24). Available: http://isdm.univtln.fr/PDF/isdm35/Sbihi_isdm35.pdf.

[3] I. Varlamis. "Quality of content in web 2.0 applications", KES'10 Proceedings of the 14th international conference on Knowledge-based and intelligent information and engineering systems: Part III, 2010, pages (pp. 33-43).

[4] G. Vickery and S. Wunsch-Vincent, "Participative Web and User-Created Content: Web 2.0 Wikis and Social Networking". Organization for Economic, (October 2007).

[5] T. J. Johnsona, and B; K. Kayeb, "In blog we trust? Deciphering credibility of components of the internet among politically interested internet users", Computers in Human Behavior, Volume 25, Issue 1, (January 2009), Pages (pp. 175-182).

[6] M. Small," Business and technical motivation for identity management", Information Security Technical Report, Volume 9, Issue 1, (January-March 2004), pages (pp. 6-21).

[7] P. Prasarnphanich and C. Wagner, "The Role of Wiki Technology on Altruism in Collaborative Knowledge Creation", the Journal of Computer Information Systems, 2009, pages (pp. 33-41).

[8] L. Jin, H. Takabi and J. B.D. Joshi, "Towards active detection of identity clone attacks on online social networks". In Proceedings of the first ACM conference on Data and application security and privacy (CODASPY '11). ACM, New York, NY, USA (2011), pages (pp. 27-38).

[9] B. Dogu, Z. Ziraman and D. Emrah Ziraman, "Web Based Authorship in the Context of User Generated Content, An Analysis of a Turkish Web Site: Eksi Sozluk", 4th Global Conference on cybercultures, Austria (March 2009). Available at: http://www.inter-disciplinary.net/wp-content/uploads/2009/02/dogu-paper.pdf.

[10] T. Chesney and D. K.S. Su, "The impact of anonymity on weblog credibility". International Journal of Human-Computer Studies, Volume 68, Issue 10, (October 2010), pages (pp. 710-718).

[11] Z. Papacharissi, "A Networked Self: Identity, Community, and Culture on Social Network Sites", Taylor & Francis, (2010).

[12] C. Satchella, G. Shanksa, S. Howardab and J. Murphy, "Identity crisis: user perspectives on multiplicity and control in federated identity management", Behaviour & Information Technology, Volume 30, Issue 1, (January 2011), pages (pp. 51 – 62).

[13] R. Moore Howard,"Understanding "Internet plagiarism"", Computers and Composition, volume 24, issue 1, (2007), pages (pp. 3–15).

[14] E. Amitay, S. Yogev and E. Yom-Tov, "Serial sharers: Detecting split identities of web authors", In Proceedings of the SIGIR'07 International Workshop on Plagiarism Analysis, Authorship Identification, and Near-Duplicate Detection, Amsterdam, Netherlands, (July 2007), pages (pp. 11–18).

Análisis al impacto de las herramientas de prueba de código abierto en el desarrollo tecnológico actual

Edgar Serna M.

Facultad de Ingenierías, Fundación Universitaria Luis Amigó
Tv. 51A 67B-90 Medellín, Colombia. edgar.sernamo@funlam.edu.co

Abstract. When a software project begins, one of the first activities is to select a testing tool. Due to that some of them are multifunctional, produced for limited purposes, of open source or cost a lot of money; we have a metric multidimensional space to solve the selection problem. But before choosing a testing tool it is reasonable to think first about the wishes and needs of the project, and then to compare some options and, finally, to try one or two of them. In this work, some myths about open source testing tools are studied; pros and cons are described; the effect that will have its evolution on the market of testing tool is analyzed; and the process of the evaluation is detailed.

Keywords: Open source testing tools, software testing, project development, technological development.

1. Introducción.

Cuando se inicia un proyecto de software una de las actividades consiste en seleccionar la lista de herramientas de pruebas, por lo que se hace necesario realizar un análisis al mundo de dichas herramientas. Algunas son multifuncionales, otras se producen para propósitos limitados, unas son de código abierto, y otras cuestan una buena cantidad de dinero. Todo esto crea un espacio multidimensional de métricas que ayudan a resolver el problema de la selección. Pero antes de elegir una herramienta de prueba es prudente pensar primero en los requisitos y necesidades del proyecto; luego comparar algunas herramientas candidatas y, por último, probar una o dos de ellas para asegurar que se realiza la selección más adecuada. A menudo, las herramientas de código abierto se introducen sin ningún tipo de proceso previo de selección, y al parecer la ausencia de una tarifa de licencia inicial es la justificación necesaria. Sin embargo, existen otros factores que influyen en el costo total de una herramienta de pruebas que deben tenerse en cuenta desde el principio, de lo contrario es posible que se termine pagando demasiado para obtener muy poco beneficio.

2. Mitos y realidades de las herramientas de pruebas de código abierto.

Al inicio de los proyectos de desarrollo de software comúnmente se escucha a los directores decir: "vamos a excluir a las herramientas de código abierto de la lista de las herramientas de pruebas que posiblemente utilizaremos". Y al preguntárseles ¿por qué? la respuesta que ofrecen es: "No quiero tener problemas adicionales en el futuro con herramientas de pruebas. Vamos a estar bajo presión en este proyecto, por lo que quiero disminuir los riesgos de software generados por terceros" [1].

Los directores de proyectos ven el proceso de esta manera debido a que se enfrentan a presupuestos, tiempos, recursos humanos y a los problemas de motivación; y tratan de comparar su propio proyecto

con los resultados en alguno otro desarrollado bajo código abierto. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que cada proyecto es un tipo diferente de software que utiliza reglas diferentes. Este es el principal malentendido [2]. Los mitos –malentendidos– que normalmente se tienen alrededor de las herramientas de código abierto son:

2.1. No tienen la misma calidad que otros productos comerciales.

Estructurar un equipo de trabajo es verdaderamente un arte, como muchos directores lo pueden confirmar. Entonces, ¿cómo pueden personas independientes, que ocasionalmente participan en un proyecto de código abierto, producir productos de alta calidad y trabajar como un equipo? Esta es la causa de las dudas acerca de los productos de código abierto. Sin embargo, cabe señalar que estas personas están lo suficientemente motivadas para entrar en el proyecto, sienten que se convierte en su propia responsabilidad e influencian el proyecto, lo ven de forma divertida y lo asumen como una especie de desafío, y tratan de dar lo mejor de sí ya que lo que hacen es una pieza colaborativa del trabajo. Todos inspeccionan y revisan el trabajo de los otros miembros del proyecto, por lo que no se justifica la preocupación de una "baja" calidad.

2.2. No hay forma de capacitar a las personas antes de empezar.

Aquí es necesario ser honestos, ¿quién capacita a los probadores antes de comenzar la construcción de cada marco de pruebas nuevo? Esta es la realidad. Los probadores a menudo aprenden a través de artículos, podcasts, foros, etc. Sí, esa es la verdad. Así que, ¿cuál es la diferencia? Cuando se utilizan herramientas de pruebas de código abierto, incluso usualmente se tiene la oportunidad de preguntarle al autor acerca de esa herramienta, de sus características particulares y de sugerirle nuevas características. Es posible conseguir un contacto más estrecho con los miembros del proyecto. Este es un beneficio, y no es posible evitar aprovecharlo.

2.3. Puede ser cancelada por falta de dinero.

Esto puede suceder con cada proyecto que no cumpla con las expectativas de los clientes. La ventaja de las herramientas de pruebas de código abierto es que existe una estrecha relación con los usuarios finales. Los foros, consejos y otras formas similares de comunicación reflejan las expectativas y el posible desarrollo de estas herramientas. Existen muchos productos de código abierto que tienen éxito, y es el caso de productos como Linux y Open Office.

2.4. Es difícil conseguir parches o actualizaciones.

Nuevamente la calidad. Pero, ¿proceden los clientes inmediatamente a conseguir un parche? No. Esta es la vida real. Conseguir un parche para una herramienta de código no es tan fácil ni tan difícil como para cualquier otro producto comercial, pero para corroborar esto sólo es necesario hablar con los desarrolladores. Es casi seguro que utilizan, para propósitos de uso personal y de trabajo, mucho código abierto. Tal vez sean los evaluadores de productos de código abierto más activos. Además, para lograr productos de calidad es necesario mejorar las pruebas y el proceso de desarrollo, probar nuevos enfoques y nuevas metodologías.

3. Pros y contras de las herramientas de pruebas de código abierto.

En un proceso para seleccionar una herramienta de pruebas es necesario considerar aquellos factores que más tarde, en el ciclo de vida del proyecto, entraran a jugar uno u otro papel, especialmente durante las fases de implementación y mantenimiento. Sólo cuando todos estos factores se tienen en cuenta es posible hacer una buena elección. Es un proceso que debe hacer por tanteo y que se conoce

como una prueba de concepto en el que la herramienta se pone a "prueba" (Korel, 1990). Cuando en ese proceso se trate por igual a las herramientas comerciales y a las de código abierto será posible elegir a la que mejor se adapte a cada situación. Además, las herramientas de pruebas deben verse como facilitadoras del proceso, no como "respuestas".

3.1. Costos y licencias.

El software de código abierto, además de los derechos de licencia inicial, tienen costos que son potencialmente más bajos que otras aplicaciones, por ejemplo, generalmente tiene menores requisitos de hardware que las alternativas comerciales. La etiqueta de código abierto no implica que el software sea gratuito, en realidad se refiere a la disponibilidad del código fuente con todas sus ventajas. Si se modifica el código fuente de una herramienta de código abierto para aplicarla en funciones personalizadas, debe saber bajo qué licencia fue liberada. Si el software comercial requiere un valor de licencia, el software de código abierto puede venir con obligaciones de otro tipo.

3.2. Plataformas y características.

El software comercial maduro usualmente ofrece más características que sus contrapartes de código abierto, que van desde una instalación más fácil y una mejor secuencia de comandos manuales, hasta ejemplos de scripts y buenos reportes, y a menudo soportan una gama más amplia de plataformas. Actualmente, las herramientas de código abierto sólo pueden probar aplicaciones basadas en web, mientras que las herramientas comerciales también pueden ser utilizadas con aplicaciones cliente-servidor local.

Con herramientas de código abierto es el cliente quien tiene que solucionar los problemas. La comunidad puede o no ayudarle pero el peso de la solución está sobre sus hombros. Al elegir una herramienta de código abierto para automatizar las pruebas se debe estar preparado para soportar el tiempo necesario antes de conseguir que la herramienta funcione plenamente. Si se subestima este esfuerzo extra, la herramienta de código abierto puede llegar a ser más cara que su contraparte comercial. Por otro lado, si se es capaz de resolver cualquier problema que pueda surgir, ¿por qué pagar por características que no son necesarias?

3.3. Probadores y desarrolladores.

Con la promesa de que no se requiere de secuencias de comandos las herramientas comerciales apelan a los probadores. Dado que las secuencias de comandos es su negocio principal, los desarrolladores no son susceptibles a esta promesa, y tienden a preferir las herramientas de código abierto para automatizar las pruebas, ya que tienen las habilidades y conocimientos suficientes para ajustarla a sus necesidades. En un entorno de desarrollo de software ágil los probadores y los desarrolladores cooperan más estrechamente que en un entorno de desarrollo de software en cascada. Los probadores ayudan a los desarrolladores a escribir sus pruebas unitarias y los desarrolladores ayudan a los probadores a automatizar sus pruebas funcionales. La prueba se considera como una parte integral del proceso de producción de software y como responsabilidad de cada miembro del equipo. El papel de los probadores cambia de portero a jugador del equipo.

3.4. Objetos y protocolos.

Para una herramienta de automatización de pruebas la gran pregunta es: "¿Reconoce correctamente todos los objetos en las ventanas de aplicaciones diferentes?" El porcentaje de reconocimiento de objetos para las herramientas de automatización de pruebas nunca será del 100%. Si ese reconocimiento es inferior al 50%, los ingenieros de la automatización se verán forzados a ejecutar tantas soluciones que el objetivo de la automatización de pruebas no se alcanzará (Vail, 2005). Tomará

más tiempo establecer y mantener la herramienta de automatización de pruebas que lo que costaría hacer manualmente las pruebas. Para una herramienta de pruebas de rendimiento la pregunta es: "¿Reconoce correctamente los protocolos de comunicación cliente servidor?" Esta pregunta sólo puede responderse haciendo un análisis en su propio entorno y con la aplicación bajo prueba. Incluso si en la documentación de una herramienta, sea comercial o de código abierto, se expresa que soporta el protocolo, puede que no sea así, por ejemplo, debido a las diferencias entre versiones.

3.5. Herramientas e infraestructura.

Las herramientas de pruebas también son software y contienen errores que pueden aparecer en cualquier momento. Ivan *et al*. (2007) realizaron un experimento con WebLOAD, OpenSTA y LoadRunner instalados en el mismo equipo, ejecutando el mismo script, en un laboratorio aislado y no conectado a la red corporativa. Utilizando sólo un usuario virtual encontraron diferencias de un 30% en los tiempos de operación reportados. Este experimento pone de manifiesto el hecho de que las herramientas no coinciden entre sí. Entonces, ¿cómo se puede saber si coinciden en la realidad?

En la selección de la herramienta también se debe tener en cuenta la infraestructura de la aplicación bajo prueba. Si se utiliza un nivelador de carga en la infraestructura, será muy útil la capacidad de emular el comportamiento de las diferentes direcciones IP accesando un sistema –IP spoofing, pero no todas las herramientas lo soportan. Además, si se tienen diferentes grupos de usuarios que acceden a la aplicación a través de distintos canales, se necesita la capacidad de emular el comportamiento de infraestructuras de redes diferentes. Por lo general, este tipo de habilidades sólo se encuentra en herramientas comerciales (Cristescu, 2009).

Los vendedores de herramientas comerciales regularmente organizan eventos para mostrar lo que sus herramientas son capaces de hacer. Con las de código abierto también existe quien esté dispuesto a ayudar, pero su objetivo es diferente: no quiere vender la herramienta ya que probablemente es libre de todos modos, pero quieren vender servicios de consultoría.

3.7. Preparación y compromiso.

Antes de comenzar a utilizar herramientas para automatizar pruebas se necesita cierto nivel de documentación de la prueba, con lo que se puede ganar algo de tiempo para la selección de la herramienta y se reflejará en todo el proceso de la automatización. Este paso se realiza siempre con independencia de las herramientas que se vayan a utilizar. Para automatizar pruebas se debe contar con los resultados esperados de los casos de prueba y, aunque a menudo no están documentados, se espera que un probador inteligente entienda lo que puede obtener. Otro inconveniente es la ausencia de un ingeniero de pruebas dedicado y experimentado. Sin importar cuál herramienta se seleccione, se necesita tiempo y habilidad para implementarla y utilizarla, y si el equipo no cuenta con este tipo de perfil el proyecto estará condenado al fracaso. Herramientas infalibles no existen. Pero si se toma suficiente tiempo para pensar antes de iniciar, será posible elegir la herramienta más adecuada para el proyecto. Además, siempre estar preparados para invertir en una nueva herramienta complementaria.

4. Impacto del código abierto en el desarrollo tecnológico actual.

Gran parte del empuje obtenido por el código abierto ha estado tradicionalmente a nivel de la infraestructura en IT. Sin embargo, en años recientes el otro gran cambio en la adopción del código abierto se ha dado en la enorme migración desde la infraestructura a las aplicaciones. Algunos mercados de aplicaciones ya han sido significativamente penetrados por el código abierto; por ejemplo, SugarCRM en el mercado de CRM y Alfresco en el mercado de la gestión de documentos. El

mercado de las herramientas de pruebas es un caso interesante, en el cual el código abierto claramente ha tenido un progreso significativo. Opensourcetesting.org inició labores en 2003, y en ese momento tenía cerca de 50 herramientas en su lista; en casi diez años ese número se ha incrementado a más de 450 herramientas. Este incremento en la actividad ha sido colosal y es mucho más que lo ocurrido en el mercado CRM, por ejemplo, antes de que Sugar se convirtiera en la aplicación dominante. Sin embargo, el mercado de las herramientas de pruebas está mucho más fragmentado en áreas variadas y especializadas, lo que explica el gran número de herramientas de código abierto. En un área específica, como el seguimiento de defectos, sólo un puñado de herramientas compiten realmente por la primera posición.

Además, el mercado de las herramientas de pruebas de código abierto es joven y todavía no ha visto una inversión comercial importante. Pero independientemente de eso se espera que el progreso constante continúe. La naturaleza penetrante del código abierto en los mercados de software hace que los proveedores comerciales evalúen su posición, y la respuesta debe ser la de innovar sus productos con mayor rapidez para mantenerse un paso adelante, o la de innovar su modelo de negocio.

Microsoft Sharepoint es un gran ejemplo de un producto comercial que adoptó este último enfoque con el objetivo de lograr el primero. El núcleo de SharePoint es como siempre código cerrado, sin embargo, existen más de 3000 APIs disponibles para que los desarrolladores puedan extender el producto de nuevas e imprevistas formas, creando servicios, complementos y soluciones integradas. Como se ha señalado en CMS Wire, esto se ha traducido en un ecosistema y una comunidad vibrante para competir con la de cualquier producto de código abierto, un astuto movimiento por parte de Microsoft. El éxito de Sharepoint sin duda será replicado más ampliamente en los próximos años por los vendedores comerciales frente a la competencia del código abierto. Es muy posible que las inclinaciones de Mercury –Hewlett Packard– se muevan en esa dirección, lo que más adelante le podría traer tiempos interesantes e innovadores.

5. Cómo evaluar herramientas de código abierto.

Una de las preguntas más frecuentes de los usuarios potenciales del software de código abierto se relaciona con su fiabilidad. El código disponible públicamente para los productos de código abierto más populares y maduros tiende a ser revisado por cientos de desarrolladores, muchos más de los que la mayoría de las empresas de software comercial pueden darse el lujo de tener para probar sus propios productos, por lo que lo que la calidad y la fiabilidad tienden a ser altas.

Generalmente, el desarrollo de código abierto evita muchos de los procedimientos que normalmente se asumen como mejores prácticas en el desarrollo del software, pero sin afectar la calidad del producto. Por ejemplo, es poco probable que en proyectos de código abierto se encuentren detalles acerca de esfuerzos y planes de programación, plazos determinados y evaluaciones de riesgo documentadas. Lo que se encontrará es procesos de liberación rápidos e iterativos, que resultan en las mejoras continuas propuestas por un gran número de desarrolladores que contribuyen con iteraciones, mejoras y correcciones. Un estudio académico de 100 aplicaciones de código abierto (Ivan & Ciurea, 2009) encontró que la calidad del código estructural resultaba ser mayor de lo esperado, y que era comparable con el software desarrollado comercialmente, y que los proyectos más ampliamente conocidos, como Apache y el kernel de Linux, en realidad muestran una densidad de defectos sustancialmente más bajos que los productos comerciales comparables. Así que no hay duda de ello: el código abierto puede ofrecer productos de alta calidad.

Sin embargo, ¿cómo se puede separar lo bueno de lo malo? Con un poco de investigación en la web es bastante fácil demostrar un número de áreas clave que dan como resultado una alta calidad en el software de código abierto:

- Una comunidad grande y sostenible desarrollará y depurará código rápida y eficazmente. Todos los proyectos de código abierto tienen áreas comunitarias en su página web, donde se puede ver el número de usuarios registrados y medir el volumen de actividad en los foros, wikis y páginas de las versiones, y repositorios de código abierto legibles permiten ver con qué frecuencia se entrega el código.
- Mientras que la documentación sea visible en la página web del proyecto, el código modular soportado por buena documentación servirá para atraer a un nuevo cuerpo de desarrolladores y ampliar/atraer constructores. Pregúntele a un desarrollador comercial si es posible echarle un vistazo al código para evaluar su calidad.
- Un equipo central bien dirigido, que responde rápidamente a los comentarios de los revisores pares y a las contribuciones de código, dará como resultado una innovación rápida y a que se logre alta calidad. Esto será visible a través de los foros de los proyectos y las listas de correo públicas.
- Reusar librerías de código establecido y probado en lugar de escribir todo el programa desde el principio ayuda a unificar una alta calidad. Estas librerías deben ser obvias para la revisión de la documentación del desarrollador.

También existen algunos modelos de evaluación formal que se puede utilizar para ayudar a proporcionar un marco de evaluación (Cristescu, 2009). Navica's Open Source Maturity Model –OSMM– se publica bajo una licencia abierta, y se utiliza para evaluar la madurez de los elementos clave del proyecto. The Business Readiness Rating es un modelo de evaluación que se encuentra propuesto en fase de desarrollo por un grupo de importantes organizaciones que buscan expandir los modelos OSMM para desarrollar un estándar abierto para el índice OSS.

6. Conclusiones.

El código abierto es un dominio muy amplio, y un enfoque simplista no puede conducir a una comprensión completa de todo el fenómeno; para lograrlo debe hacerse un análisis coherente de sus productos, de la forma en que se difunden y, lo más importante, de los efectos que el uso de estos componente tiene sobre el dominio de las actuales IT. Siempre habrá problemas, sin importar cuál sea el beneficio que se logre, para incluirlos en el portafolio de proyectos de los desarrolladores de software cuya actividad se oriente a la eficiencia. Estos problemas aislados se convierten en preguntas, procedimientos, soluciones que poco a poco se convierten en productos de software libre de gran escala para uso general.

La extensa área de problemas para los que se desarrollan herramientas de pruebas de código abierto se convierte en una fuerte competencia para las empresas que producen software licenciado. Bajo ninguna circunstancia los desarrolladores de software licenciado abren su código, aunque tengan los peores resultados reportados. Es una competencia tácita entre código abierto y software con licencia, y el código abierto es el motor principal.

La automatización de las pruebas da lugar a un proceso de prueba eficiente y ayuda a disminuir los costos de desarrollo, aunque algunas pruebas todavía tienen que realizarse de forma manual, y existen pruebas específicas en las que las herramientas automatizadas son inútiles. La automatización del proceso de prueba podría reducir los costos asociados al utilizar menos tiempo en la creación y

aplicación de los casos de prueba, por lo que seleccionar una herramienta adecuada es fundamental para el éxito del proyecto.

Los productos de código abierto se desarrollan mediante trabajo colaborativo, en el que para tener éxito todos los miembros deben mostrar buena voluntad y responsabilidad. El carácter colaborativo y esencialmente social es necesario para hacer frente a los grandes proyectos de código abierto. Una aplicación de software colaborativo crea un ambiente donde las personas pueden trabajar mejor juntas, pueden compartir información sin las limitaciones de tiempo y espacio, y se caracteriza por tres aspectos fundamentales: actividades conjuntas, medio ambiente compartido y forma de interacción. El desarrollo de código abierto no es caóticamente organizado, pero sigue una dirección clara: incrementar el rendimiento para el procesamiento de grandes intereses.

Referencias.

1. C. Ciurea, "Collaborative Open Source Applications", Open Source Scientific Journal, Vol. I, No.1, 2009, (pp. 116-125).
2. M-P. Cristescu, "Open Source Software Reliability: Features and Tendence", Open Source Scientific Journal, Vol. I, No.1, 2009, (pp. 163-178).
3. P. Crosman, "Wall Street & Technology Report", Jan. (2009).
4. The Economist, "Open-source software firms are flourishing, but are also becoming less distinctive", May 28th 2009. On line: http://www.economist.com/node/13743278, Sep. 2010.
5. J. S. Hammond, "Open Source Software Goes Mainstream: Convert Your Cost-Cutting Crisis Into An OSS Opportunity". April 7, (2009).
6. M. Henley & R. Kemp, "Open Source Software: An introduction". Computer Law & Security Report, Vol. 24, No. 1, 2008, (pp. 77-85).
7. I. Ivan & C. Ciurea, "Quality characteristics of collaborative systems", Proc. The Second International Conference on Advances in Computer-Human Interactions, Cancun, Mexico, IEEE Xplore Digital Library, Vol. I, 2009, (pp. 164-168).
8. I. Ivan, "Open source – State of the Art", Open Source Scientific Journal, Vol. I, No.1, 2009, (pp. 5-21).
9. I. Ivan, C. Boja & C. Ciurea, "Collaborative Systems Metrics", ASE Publishing House, Bucharest (2007).
10. I. Ivan, A. Pirvulescu, P. Pocatilu & I. Nitescu, "Software Quality Verification through Empirical Testing", Journal of Applied Quantitative Methods, Vol. 2, No. 1, 2007, (pp. 38-60).
11. B. Korel, "Automated Software Test Data Generation", IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 16, No. 8, 1990, (pp. 870-879).
12. P. Pocatilu, "Automated Software Testing Process", Economy Informatics, Vol. II, No. 1, 2002, (pp. 97-99).
13. P. Pocatilu, "Software Testing Costs", Economy Informatics, Vol. VI, No. 1, 2006, (pp. 90-93).
14. C. Vail, "Stress, load, volume, performance, benchmark and base line testing tool evaluation and comparison", 2005. On line: http://www.vcaa.com/tools/loadtesttoolevaluationchart-023.pdf, Jul. 2010.

LinuGIS: Dedicated Linux to High Performance GIS Applications

N, Ben Achhab[1], N, Raissouni[2], M, Lahraoua[1], A, Azyat[1], and A, Chahboun[1]

[1] Faculty of Sciences, University Abdelmalek Essaadi, Tetuan, Morocco
[2] National School for Applied Sciences of Tetuan, University Abdelmalek Essaadi, Tetuan, Morocco
[1, 2] Innovation and Telecoms Engineering, Research Group, University Abdelmalek Essaadi, Tetuan, Morocco
Email: world_nizar@yahoo.fr, nraissouni@yahoo.com

Abstract. GIS tools combine various resources of data/maps. However, it is becoming hard to achieve results in a reasonable time without a support of High Performance Computing (HPC) platform. Consequently, Linux is well suited for parallel computing; however several complex pre-configurations on the Linux environment must be accomplished. LinuGIS Operating-System has been developed in order to facilitate parallel environment build-up. Based on Pknoppix Debian Linux, LinuGIS is preconfigured to create a dedicated GIS cluster platform on less than 5 minutes. Providing a very simple and rapid means of setting up a cluster of heterogeneous PCs of the IA-32 and Multi-core architectures with numerous tools for debugging, compiling and profiling parallel codes. Furthermore, it includes a multitude of GIS data tools (i.e., GRASS GIS, SAGA GIS, QUANTUM GIS, MAPWINDOW GIS, UDIG…). The nodes (computers) of the cluster are configured almost automatically. The LinuGIS is pre-configured to support from 2 to 100 nodes, but it can easily be modified to allow for larger clusters. Finally, running on several types of machines, LinuGIS was designed to facilitate the establishment of a super computer (cluster) and reduce the time of GIS analysis with small resources and common personal computers or notebooks.

Keywords: GIS, Remote Sensing, Cluster, Debian Linux, High Performance Computing.

1. Introduction

Environmental studies, geology, biophysics, hydrology, vegetation monitoring, agriculture and global change have used frequently Geographical Information System (GIS) technologies. GIS tools can combine various sources of data (i.e., remote sensing, earth observation, etc.) with maps. However, thus is becoming hard to achieve results in a reasonable time without a support of High Performance Computing (HPC) platform. This platform is based on dedicated hardware (very expansive) or Beowulf clustering approach (non expansive). Many HPC platforms - with supercomputers (Top500) - have been accomplished on multiples universities and organizations by connecting personal computers via Ethernet cards under Linux operating system. This last has been widely adopted by the scientific community since it is loaded with a number of tools: Local Area Multicomputer (LAM), Message Passing Interface (MPI), Parallel Virtual Machine (PVM), etc. Consequently, Linux is well suited for parallel computing; however the problem is that scientists and programmers have to accomplish several pre-configurations on the Linux environment. This makes their task slow and complex.

In this paper, a LinuGIS operating system is presented. Based on the recent developments in the desktop environment for Linux (Pknoppix Debian Linux) and a collection of scripts that allows the generation of a live-CD, a dedicated GIS cluster platform can be build on less than 5 minutes. LinuGIS Provides a very simple and rapid means of setting up a cluster of heterogeneous PCs of the IA-32 and Multi-core architectures with numerous tools for debugging, compiling and profiling parallel codes. Furthermore, it includes a multitude of GIS data tools (i.e., GRASS GIS, SAGA GIS, QUANTUM GIS, MAPWINDOW GIS, UDIG…).

LinuGIS is primarily designed to be used as a Live CD/DVD; it can also be installed on a hard disk like a typical operating system. Computers that support booting from USB devices can load LinuGIS from a live USB flash drive or memory card. The system can also start remotely through a network using Preboot eXecution Environment (PXE). After booting, the hardware on the computer is automatically detected, and the system configures itself to run a modified version of Debian Linux.

The nodes (computers) of the cluster are configured almost automatically, and a working directory is shared by all nodes. The CD is distributed pre-configured to support from 2 to 100 nodes, but it can easily be modified to allow for larger clusters. LinuGIS gives the user complete control over all of the nodes of the cluster.

Finally, running on several types of machines, LinuGIS was designed to facilitate the establishment of a super computer (cluster) and reduce the time of GIS analysis with small resources and commune personal computers or notebooks.

2. Objectives

LinuGIS is a bootable Linux distribution combining simplicity and performance that can be used for educational purpose. Compressed file systems are used to add a huge amount of preinstalled GIS applications to the tiny Compact Disk.

There is almost as wide a range of purposes for the LinuGIS, as it can be used for clustering and high performance computing. It can also be very useful for GIS and remote sensing applications demanding elevated time and memory. Or as a powerful GIS database server, etc.

3. Materials & Data

LinuGIS was designed for diskless systems or High Performance Computing[1] (HPC) clusters where only Central processing Unit (CPU) and memory is needed (fig.1). For this reason, openMosix (a Linux kernel extension) has been added to this distribution : i) supporting drivers for all PCI Ethernet NICs that the Linux kernel has (10/100/1000), ii) adapting algorithms resource and data sharing, iii) migrating Process for load-balancing and to prevent thrashing due to memory swapping, etc. [2]

Using a Parallel Image Processing Toolkit (PIPT) LinuGIS contains generalized parallel computational kernels for image processing using message-passing model [3;4](mpich library). The head node distributes equally sized image slices for processing to computing nodes using the MPI libraries and collects the processed image after they finish processing. LinuGIS Version 1.0 contains useful tools for GIS treatments.

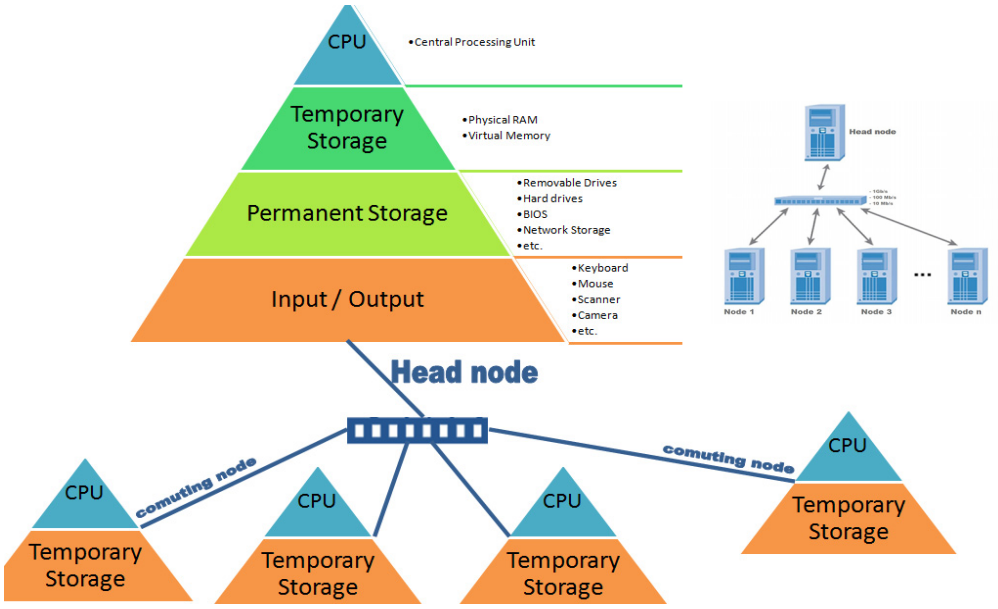


Fig.1. LinuGIS cluster Architecture

3.1. Proj 4.5.0

Originally described in Cartographic Projection Procedures for the Unix Environment [5], Proj 4.5.0 is a cartographic projection program. It has been added to linuGIS to help software developers that need cartographic procedures embedded in their programs. The cartographic procedures used in proj have been encapsulated and thus make their inclusion in other application software a relatively easy task.

3.2. GDAL 1.5.0

Presenting a single data model to the calling application for all supported formats, GDAL [6] is an Open Source translator library for raster geospatial data formats. GDAL can be used by commandline for data translation and processing:

- gdalinfo - report information about a file.
- gdal_translate - Copy a raster file, with control of output format.
- gdaladdo - Add overviews to a file.
- gdalwarp - Warp an image into a new coordinate system.
- gdaltindex - Build a MapServer raster tileindex.
- gdalbuildvrt - Build a VRT from a list of datasets.
- gdal_contour - Contours from DEM.
- gdaldem - Tools to analyze and visualize DEMs.
- gdal_merge.py - Build a quick mosaic from a set of images.
- gdal2tiles.py - Create a TMS tile structure, KML and simple web viewer.
- gdal_rasterize - Rasterize vectors into raster file.
- gdaltransform - Transform coordinates.
- nearblack - Convert nearly black/white borders to exact value.

- gdal_grid - Create raster from the scattered data.
- gdal_proximity.py - Compute a raster proximity map.
- gdal_polygonize.py - Generate polygons from raster.

GDAL is also used by GIS software like GRASS. For this reason GDAL has been installed first during LinuGIS building process.

3.3. GRASS 6.4.0

The Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) [7] is one of the most popular open source geographical information system software analysts. Preinstalled in LinuGIS with multiples projects and an easy open display window, both beginners and GIS developers can have a rapid access to a multitude of GIS tools. It can also be used for topology (using integrated 2D/3D vector engine), vector and image processing (through the binding to GDAL/OGR libraries), etc. The cluster use can be done with vector network analysis (Attributes are managed in .dbf files or SQL-based DBMS such as MySQL, PostgreSQL/PostGIS, and SQLite).

3.4. QGIS 0.11.0

QGIS is a cross-platform (Linux, Windows, Mac) open source application embedding raster and vector projections, spatial data interactive exploring (on the fly projection, edit/view/search attributes, feature labeling, vector diagram overlay, change vector and raster symbology, etc.), GPS tools, map algebra, terrain analysis, hydrologic modeling, etc.

3.5. PostgreSQL 8.4

LinuGIS has preinstalled an open source PostgreSQL server for object-relational databases with a programming interfaces for C/C++, Java, .Net, Perl, Python, Ruby, and Tcl. PostgreSQL database boasts sophisticated features such as asynchronous replication, nested transactions (save points), Multi-Version Concurrency Control (MVCC), point in time recovery, table spaces, etc.

It is highly scalable both number of users and shared data. Managing in excess of 4 terabytes of data with an unlimited database size, 32TB Table size, 1.6 TB row size, an unlimited number of rows per table, and 1 GB field size, PostgreSQL can be an excellent choice for a high performance GIS application.

3.6. PostGIS 1.3.1

As an extension to the PostgreSQL LinuGIS incorporate the open source PostGIS [8] which allows GIS objects storage, basic topology support, data validation, coordinate transformation, spatial indexes Tree, and programming APIs functions for analysis and processing of GIS objects.

3.7. R 2.4.1

LinuGIS supports statistical computing and graphics with R. this last can be viewed as an integrated suite of software facilities for data manipulation, calculation and graphical display with an effective data handling and storage facility, a suite of operators for calculations on arrays, in particular matrices,

a large, coherent, integrated collection of intermediate tools for data analysis, and graphical facilities for data analysis and display either on-screen or on hardcopy.

3.8. Data examples.

For educational purpose LinuGIS has added some 2009 World map examples, Advanced Space-borne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data, Earth observation satellite (SPOT) data, and Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)[9] data. And Others image processing, remote sensing, and GIS applications.

4. Methodology

Two concurrent Linux installations are needed to install Packages on the LinuGIS (built on a Debian Stable box). The principle of mklivecd is a double installation, where one installation is built by accessing it from the other installation by mounting the partition [10].

Starting with a running Knoppix live CD. The basic steps for creating LinuGIS include :

a) *Choosing a Knoppix distribution:* This procedure uses the Knoppix live-CD, but you can choose to start from an already customized Knoppix derivative that includes content that might be closer to what you want in our case we have chosen parallel Knoppix to simplify clustering approach.

b) *Setting up the build machine:* Prepare the computer to have enough disk space and memory to complete the procedure.

c) *Copying Knoppix software to hard disk:* This involves copying both the Knoppix file system structure and the files needed to boot the CD:

To Copy the boot files we have used the commands :

```
# cp -ar /cdrom/boot /media/hda1/knoppix/master/boot

# cp -ar /cdrom/KNOPPIX/modules /media/hda1/knoppix/master/KNOPPIX
```

Copy files from CD :

```
# cd /cdrom/KNOPPIX && find . -size -10000k -type f -exec \

cp -p —parents '[1]' /media/hda1/knoppix/master/KNOPPIX/
```

d) *Modifying the Knoppix software:* The user desktop environment has been configured and GIS software has been added. using dpkg-buildpackage, packages were built in this order: i) proj, ii) gdal, iii) PostgreSQL, iv) grass, v) qgis, vi) other packages:

```
dpkg-source -x <package>.dsc

cd <packagedir>

dpkg-buildpackage
```

<package> is changed with the name of the software and <packagedir> with the folder target.

e) *Creating the CD image:* After modifying the Boot splash screen, and some boot scripts to automatically run a DHCP server and buildup a cluster network, the files has been compressed to a single image and therefore using mkisofs command the boot files and KNOPPIX image has been combined into a single CD image.

5. Results

The CD-Rom boots up to the desktop without any user intervention. On the desktop five icons can give direct access to GRASS software, Quantum GIS, Apache server, MySQL server, and PostgreSQL server. Another direct access to GRASS and Quantum GIS can be done via taskbar application buttons (see Fig. 2).

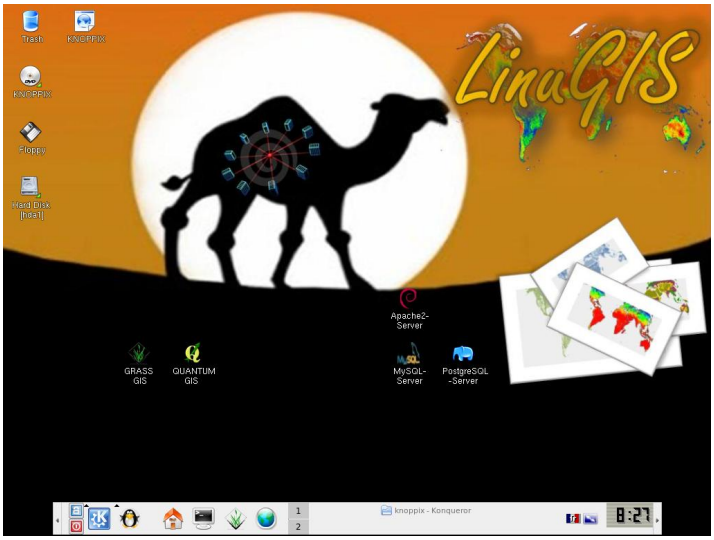


Fig.2. LinuGIS desktop

OpenMosix and a multitude of tools for network managing and clustering can be started via the K menu. As an example, figure 3 shows an openMosix window managing six computing nodes (357,359,360,361,362,363) and one headnode (356).

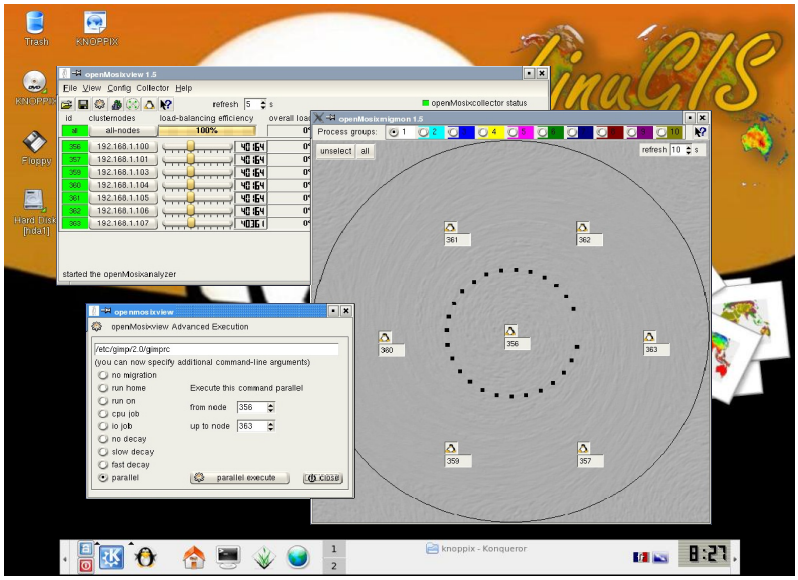


Fig.3. LinuGIS with OpenMosix working window

6. Conclusion

This CD-Rom had been used to answer the need of bringing open source experience to GIS students, without Linux installation. It has been also installed on one network computer as a supercomputer or

head node. Six others network computers has helped hard and time consuming GIS tasks to be faster. LinuGIS has been a powerful system for giant postgree databases.

Acknowledgements

This work was supported in part by the Morocco Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for “Integration and application of GIS and GPS on mobile systems” and “Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation” projects.

References

[1] J. Dongarra, L. Grandinetti, G. R. Joubert, and J. Kowalik. High Performance Computing: Technology, Methods and Applications, Elsevier, 1995.

[2] D. Bader, M. Aftosmis, P. K. Agarwal, and, B. Bergen. Petascale computing algorithms and applications, Taylor & Francis, 2008.

[3] Y. Aoyama and J. Nakano. RS/6000 SP: Practical MPI Programming IBM Corporation, International Technical Support Organization, 1999.

[4] W. Gropp, E. Lusk, and A. Skjellum. Using MPI: Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface, 1994.

[5] G. I. Evenden. Cartographic Projection Procedures for the UNIX, 2003.

[6] F. Warmerdam. GDAL documentation, http://download.osgeo.org/gdal/gdal170doc.zip, 2010.

[7] M. Wegmann, "The Newsletter of the GRASS Project", GRASS-News, vol. 1 2004.

[8] P. RAMSEY and S. Santilli, "PostGIS Manual", 2006.

[9] G. Gutman and A. Ignatov, "The relative merit of cloud/clear identification in the NOAA/NASA Pathfinder AVHRR Land 10-day composites," International Journal of Remote Sensing, vol. 17, no. 16, pp. 3295-3304, 1996.

[10] C. Negus. Live Linux®CDs Building and Customizing Bootables, Prentice Hall, 2007.

Practical Wireless Sensor Networks Deployment Based on High Node Connection Probability as Support to Remote Sensing In-Situ LST Measurements.

A, Chahboun[1], N, Raissouni[2], N, Ben Achhab[1], M, Lahraoua[1] and A, Azyat[1]

[1] Faculty of Sciences, University of Abdelmalek Essaadi UAE, B.P. 211 Martil, Tetuan, Morocco, chahboun_asaad@yahoo.fr

[2] National School for Applied Sciences of Tetuan, University of Abdelmalek Essaadi UAE, B.P. 211 Martil Tetuan, Morocco, nraissouni@yahoo.com

Abstract. Non contact temperature measurements advantages are fast response and targets that are inaccessible due to hostile environments, geometry limitations or safety hazards. Lastly, the advantageous results of using Infra-Red Temperature sensor to solve difficult temperature measurements are frequently obtained only after significant engineering investigation of a particular application to select the optimum radiation and to install it in a way that yields a reliable measurement of product temperature. Applying split-window algorithms to satellite thermal infrared data, it is possible now to determine LST within a precision of 1.3 K.

This work presents an alternative Wireless Modular Method for LST assessment (sensitivity 0.1 °C) based on Ad hoc and Wireless Sensor Networks (WSN) technology. It investigates the topology of three proposed modular WSN architectures, based on sensors placement with high node connection probability. The network load balancing and routing protocols were simulated within the Network Simulator NS-2.

Keywords: Satellite Remote Sensing, Ad-hoc Sensors, Modular in-situ System, WSN, Network Simulator-2.

1. Classical Method.

The classical in-situ method consists of the use of radiometers and data loggers along different transects; therefore, manually carried out LST in-situ measurements in different scenarios. Radiometers are carried back and forth along transects of about 100 meters length, looking at the surface at angles close to nadir. Measurements are made at rate of more than 5 measurements per minute, covering a distance of 30-50 meters per minute. Data are collected during periods of 20-30 minutes centered at the satellite overpass time, although radiometers are in place and working 30 minutes before, in order to assure a good stability of their response. For each transect, time and corresponding radiometric temperature measurements are recorded. Measurements are performed concurrently to the satellites and airborne flights over the studied samples. Scientists have to be sure that the sky is clear while taking measurements [1; 2; 3].

2. WSN Proposed Method.

The proposed method represents the modular in-situ LST measurements system based on WSNs. The system is constituted by modules of node arrays. Each of which is constituted by 25 intelligent nodes scattered throughout a target field. These motes can communicate together and establish a network topology. Information and processed data is transmitted over WSN into the gateway node which is connected to the laptop base station for the data receiving and storage. Developed software is used for real time monitoring, failure sensor detection, result's visualization and all process control. The application demands for robust, scalable, low-cost and easy to deploy networks are perfectly met by the developed WSN. If one of the nodes should fail, a new network topology would be selected and the overall network would continue to deliver data. If more nodes are placed in the field, they only create more potential routing opportunities [4; 5].

3. Placements.

3.1. Circular placement.

In the circular case, 25 sensors are distributed over three circles and one node in the center (see Figure 1). The sensors/nodes numbers' (17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 and 24) are placed uniformly on the external circle with radius *R3* equal three times *Rr* which represents the sensors radio communication range (gray circle). The second set of sensors/nodes (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 and 16) is placed on the second circle which radius *R2* equal two times *Rr*. The sensors/nodes numbers' (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8) are placed on the circumference of the third circle with radius *Rr*.

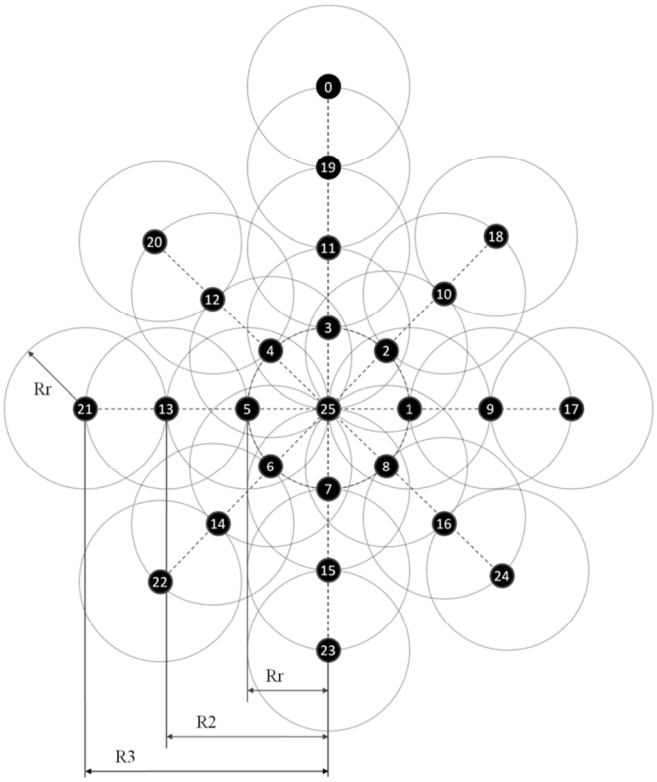


Fig. 1 Circular deployment network case 25 sensors nodes (1-25), sink/gateway, (node 0).

The sensor/node number 25 is fixed in the middle of all circles. Finally, the sink/gateway (node number 0) is placed at the top close to sensor/node number 19.

Nodes (1-25) send their messages directly or by relaying through others nodes to a sink/gateway (node number 0), the tied lines in Figure 1, represent the potential communication paths. We assume the nodes have a limited and fixed communication range *Rr*, therefore, two nodes can communicate if and only if the distance between them is equal or less than *Rr*.

Depending on the sensors position in the network, nodes may have one or several neighbors. Thus nodes numbers' (17, 18, 20, 21, 22, 23, and 24) have one neighbor each and nodes numbers' (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, and 19) have two neighbors each. For all these nodes (from 11 to 24) if one path is broken the nodes may be isolated. Nodes numbers' (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, and 8) have four neighbors, and finally the middle node number 25 has 8 neighbors.

3.2. Triangular placement.

In the triangular case, 25 sensors are placed on the vertices of the equilateral triangles based grid (see Figure 2). The sensors numbers' (1, 2, 3, 4 and 5) are placed uniformly on the first line, the second line contains the sensors numbers' (6, 7, 8, 9 and 10), and so on until the node number 25. Finally, the sink/gateway (node number 0) is placed at the top close to node number 3.

Sensors send their messages directly or by relaying through others sensors toward the sink node number 0, the tied lines in Figure 2, represent the potential communication paths. We assume that nodes have a limited and fixed communication range *Rr*, and two nodes could communicate only if they are within distance *Rr*.

Depending on the sensors position in the network, nodes may have two or several neighbors. Thus nodes numbers' (5 and 25) got two neighbors, the second set with the numbers (16, 15, 16 and 21) have three neighbors. The sensors numbers' (2, 3, 4, 22, 23 and 24) possesses four neighbors, and those with numbers (10, 11 and 20) have five neighbors, and finally the remaining sensors (7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 18 and 19) have six nodes as neighbors.

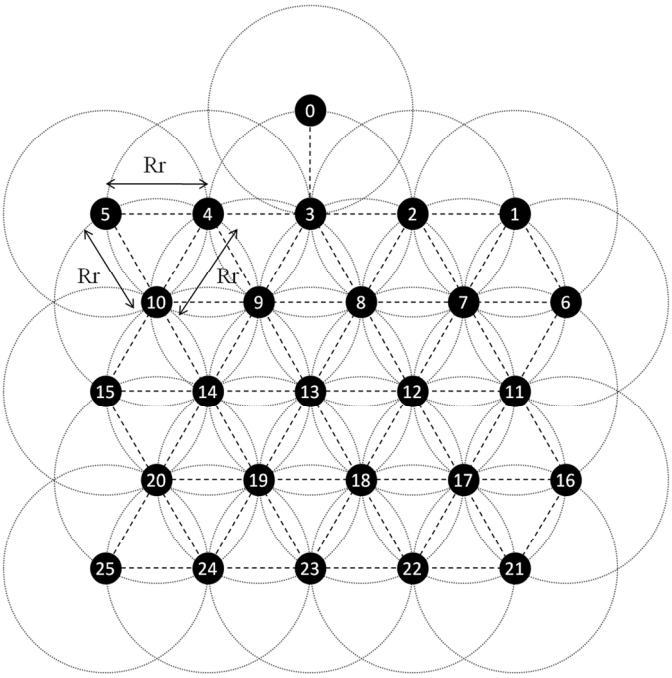


Fig. 2 Triangular deployment network case 25 sensors nodes (1-25), sink/gateway, (node 0).

3.3. Rectangular placement.

The rectangular grid consists on the deployment of 25 sensors in an equidistant manner; distance between adjacent sensors is equal to the maximal transmission range *Rr* (see Figure 3). The sensors numbers' (1, 2, 3, 4 and 5) are placed uniformly on the first line, the second line contains the sensors numbers' (6, 7, 8, 9 and 10), and so on until the node number 25. Finally, the sink node number 0 was placed close to the node number 3.

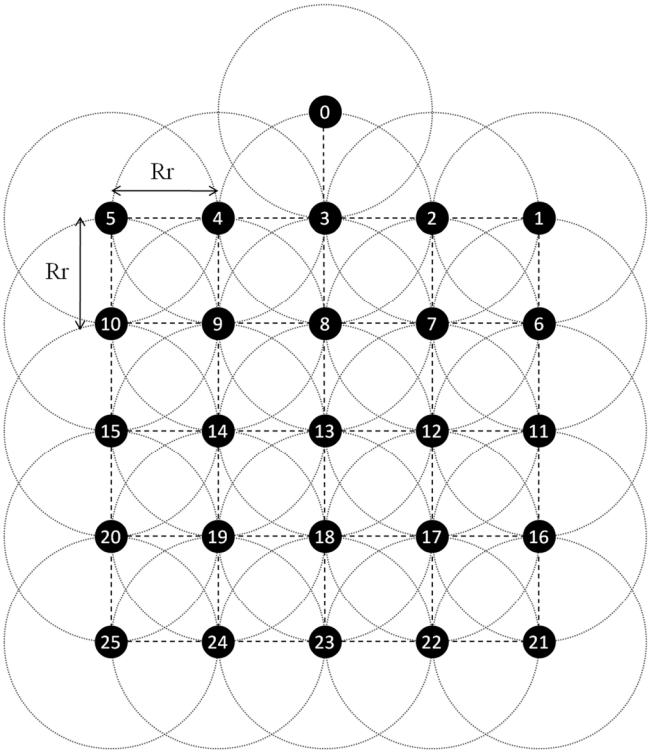


Fig. 3 Rectangular deployment network case 25 sensors nodes (1-25), sink/gateway, (node 0).

Sensors send their messages directly or by relaying through others sensors toward the sink node number 0, the tied lines in Figure 5, represent the potential communication paths. We assume that nodes have a limited and fixed communication range *Rr*, and two nodes can communicate if and only if the distance between them is equal or less than *Rr*.

Depending on the sensors position in the network, nodes may have two or several neighbors. Thus nodes numbers' (1, 5, 21 and 25) have two neighbors, the second set with the numbers (2, 3, 4, 6, 10, 11, 15, 16, 20, 22, 23 and 24) have three neighbors, and the sensors numbers' (7, 8, 9, 12, 13, 14, 17, 18 and 19) possess four neighbors.

4. Reliability and probability of failure.

In order to estimate the transmission data reliability of the whole network, the reliability of each node has to be determined. Data can be sent over the network trough parallel and/or series routes. Such systems can be analyzed by calculating the reliabilities for the individual series and parallel sections and then combining them in the appropriate manner:

Les us define Rs_i as a reliability of data transmission over the network toward the BS for the sensor *i*, and *Ri* is the routing reliability of sensor *i*.

$$Rs_i = \left(\prod_i^n R_i(serial)\right)\left(1 - \prod_i^n (1 - R_i(parallel)\right) \quad (1)$$

Using equation 1, probability of failure Pf_i could be calculated by equation 2.

$$Pf_i = 1 - Rs_i \quad (2)$$

In the reliability datasheet of the Crossbow society, the Crossbow products could achieve greater than 35000 hours as Mean Time Between Failures (MTBF).

For the present study, we suppose MTBF equal to 40000 hours for the node (MTBF > 35000 hours for Crossbow technology) [6]. The simplest form of reliability can be obtained by the exponential distribution (Lusser's equation) [7] see equation 3.

$$R(t) = e^{-t/MTBF} \quad (3)$$

Where t is the mission time and $R(t)$ is the reliability at this time. Thus, for t = 1000 hours, the reliability Ri of each sensor is aproximatly equal to 98%.

Using the equation 1 and 2, the transmission data reliability and probability of failure are calculated for the three networks, table 1 shows the probability of failure of them.

	Probability of failure (%)		
Sensors number	**Circular**	**Triangular**	**Rectangular**
node-0	2.00	2.00	2.00
Sensor-1	9.61	5.88	5.92
Sensor-2	9.61	5.88	5.88
Sensor-3	7.76	3.96	3.96
Sensor-4	9.61	5.88	5.88
Sensor-5	9.61	5.92	5.92
Sensor-6	9.61	5.88	5.88
Sensor-7	9.61	5.88	5.88
Sensor-8	9.61	5.88	5.88
Sensor-9	11.42	5.88	5.88
Sensor-10	11.42	5.88	5.88
Sensor-11	5.88	5.88	5.88
Sensor-12	11.42	5.88	5.88
Sensor-13	11.42	5.88	5.88
Sensor-14	11.42	5.88	5.88
Sensor-15	11.42	5.88	5.88
Sensor-16	11.42	5.88	5.88
Sensor-17	13.19	5.88	5.88
Sensor-18	13.19	5.88	5.88
Sensor-19	3.96	5.88	5.88
Sensor-20	13.19	5.88	5.88
Sensor-21	13.19	5.88	5.92
Sensor-22	13.19	5.88	5.88
Sensor-23	13.19	5.88	5.88
Sensor-24	13.19	5.88	5.88
Sensor-25	9.61	5.92	5.92
Covered area	70650 m2	34641m2	40000 m2

Table 1. Networks probability of failure.

5. Simulation.

To investigate the characteristics of the three proposed architectures for the modular WSN, NS-2 was used to create a simulation environment since it already contains routing protocols implementation and flexible models for energy constrained wireless ad hoc networks. Model traffic is constituted by CBR traffic source with 50 byte data packets. The distance between each node is set to 50 meters. The node's source number is 25 and 1 destination node (gateway). The packet sending rate is 200 packets/second. The field is 400 meters x 400 meters with 26 nodes. Each node uses 802.15.4 IEEE standard for wireless communications with 50 meters of transmission range. The transmissions start after 5 seconds from the simulation starting and each node sends successively during 5 seconds.

Figure 4 shows that generated and sent packets are slightly higher for the rectangular deployment, with 1200 and 1100 packets. The three architectures present same forwarded packets with 2000 packets. Triangular deployment drops more packets than other deployments and lost the minimum numbers of packets.

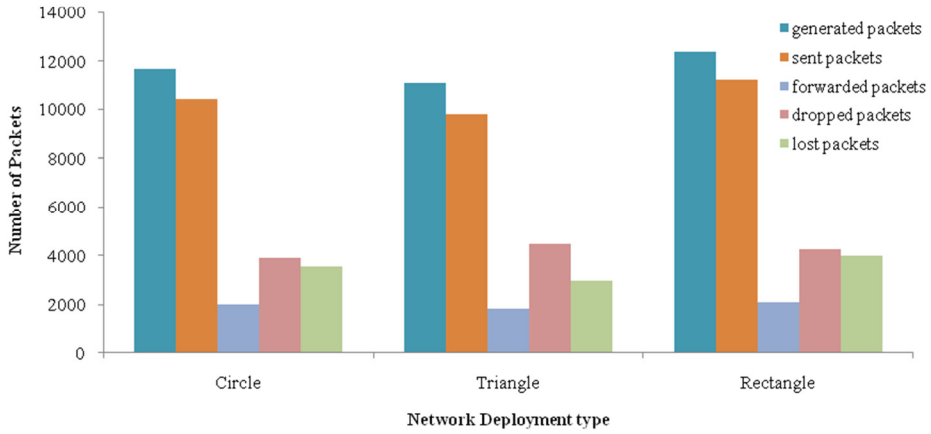


Fig. 4 Simulation comparison for circular, triangular and rectangular deployment in terms of generated packets, sent packets, forwarded packets, dropped packets, and lost packets.

Figure 5 shows the general End-to-End delay characteristics in the whole simulation for the three architectures. The highest delay 0.6 seconds was observed for the circular deployment, the others networks performed best delays with 0.4 seconds

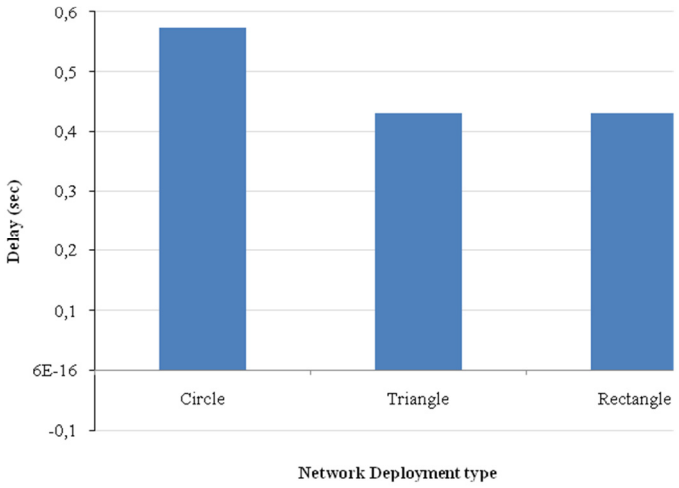


Fig. 5 Simulation End-to-End average delay for the three architectures types.

6. Conclusions.

Simulation results bring out some important characteristic differences between the three proposed architectures. In a circular network; i) seventeen nodes had only one route for the destination, and ii) three nodes support all forwarded traffic toward the base station. The rectangular and triangular network had only one node with one route for the destination which supports the whole forwarded traffic. In summary, circular network may fail if one of the three nodes is out of order. In the rectangular and triangular architectures we have only one critical node which may paralyze the network. The triangular and rectangular networks showed better routing performance than circular deployment (lower End-to-End packet delays). Taking into account that these two architectures had the same probability of failure network, and the area covered by the rectangular deployment is greater than the area covered by the triangular deployment, the rectangular architecture is more suitable for real deployment in-situ applications.

Acknowledgements

This work was supported in part by the Morocco Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for “Integration and application of GIS and GPS on mobile systems” and “Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation” projects.

References

[1] L. Alonso, F. Camacho-de Coca, V. Caselles, C. Coll, J. Cuenca, C. Cuñat, L. Dempere, H. El Kharraz, J. El Kharraz, G. Fernández, J. C. García, M. A. Gilabert, M. C. González, E. Hurtado, J. M. Martí, B. Martínez, J. Meliá, J. Moreno, A. Palacios, N. Raissouni, E. Rubio, J. A. Sobrino, F. Sospedra, E. Valor, M. T. Younis, J. González, G. Scheer, S. L. Ustin, and R. J. Zomer, "Surface Radiometric Measurements at Barrax," Netherlands: The Digital Airborne Spectrometer Experiment (DAISEX), Proceedings of the Workshop, 2001, (pp. 71-77).

[2] J. A. Sobrino, M. Romaguera, G. Sòria, M. Zaragoza-Ivorra, M. Gómez, J. Cuenca, Y. Julien, J. Jiménez Muñoz, B. Su, L. Jia, A. Gieske, W. Timmermans, H. Van der Kwast, A. Olioso, F. Nerry, R. Sabol, and J. Moreno, "Thermal measurements in the framework of SPARC," Enschede : ESA, 6 p.: ESA proceedings WPP-250: SPARC final workshop, 2005.

[3] W. Wenhui, L. Shunlin, and M. Tilden, "Validating MODIS land surface temperature products using long-term nighttime ground measurements", 112 ed 2008, pages (pp. 623-635).

[4] A. Chahboun, N. Raissouni, and M. Essaidi, "Towards an operative land surface temperature in-situ measurements system for remote sensing models validation," Korea: IEEE International Geoscience & Remote Sensing Symposium, 2005, pages (pp. 2496-2499).

[5] N. Raissouni, J. A. Sobrino, A. Chahboun, N. Ben Achhab, M. Lahraoua, and A. Azyat, "First results towards building up a reliable in-situ measurements database for LST algorithms validations using modular WSN: Northern Morocco campaigns case study," Torrent-Valencia, Spain: 3rd International Symposium, Recent Advances in Quantitative Remote Sensing RAQRS-III, 2010, pages (pp. 734-740).

[6] Crossbow, High Reliability http://www.xbow.com/defense-solutions/applications/, 2011.

[7] A. J. Bourne and A. E. and Greene, Reliability technology John Wiley & Sons Inc, (1972).

Determination of capacities and weaknesses sites using GIS and Mobile GIS Platform: Tangier Old Medina (Hay Bni Yeder) case study

A, Azyat[1], N, Raissouni [2,] N, Ben Achhab[1], A, Chahboun[1], M, Lahraoua[1]

[1] Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaadi University, Tetuan, Morocco.
[2] National School for Applied Sciences of Tetuan. Abdelmalek Essaadi University. Morocco.
[1, 2] Innovation and Telecoms Engineering, Research Group.
Remote Sensing & Mobile GIS, Unit.
azyat2002@yahoo.fr ; nraissouni@uae.ma

Abstract. Nowadays, many organizations use geographic information systems (GIS) essentially as a basic tool for displaying maps and for data analysis. The addition of global positioning system (GPS) tools to mapping applications helps provide more accurate position data and reduces the cost of data collection. This later is one from among the common functionalities of mobile GIS that is becoming the mean for acquiring data in the field. By the combination of digital mapping with an underlying digital spatial database, a GIS and mobile GIS provide a range of flexibility in mapping and spatial analysis capabilities that, until recently, has been rare to take in account for making decision in our country. For the determination of capacities and weaknesses sites, GIS is used to display and realize a sociable map, and Mobile GIS Platform is deployed in order for data collection in the field. A review about GIS, GPS and mobile GIS is presented in this article, also a case study.

Keywords: Capacities, Weaknesses, GIS, Mobile GIS

1. Introduction

Recently, GIS has many significations; an industry, a product, a technology, and a science. As such, the expression invokes different perceptions reliant on whether the viewpoint is that of the software developer, the system marketer, the data provider, the application specialist, or the academic researcher, among others. A novice to the field is likely to be confused by the multiple uses of the same term, or, seen alternatively, different definitions of the same term [1]. The handling of spatial data usually involves processes of data acquisition, storage and maintenance, analysis and output. For many years, this has been done using analogue data sources, manual processing and the production of paper maps. The introduction of modern technologies has led to an increased use of computers and information technology in all aspects of spatial data handling. The software technology used in this domain is GIS and Mobile GIS (MGIS). This ultimate is a more-recent geospatial innovation that has ideally complemented human life's evolving approach to field collection data. Nowadays, there are many handheld units integrate Global Positioning System (GPS) for real-time positioning and GIS data collection capabilities with properties of spatial data collection. That is allowing users to explore a territory by means of its map-based representation and moving in the territory itself.

2. Geographic Information Systems (GIS)

Within the last 50 years, a powerful impact on many areas has been had by Information Technology (IT) that has facilitated the transformation of science and business and has allowed new forms to come into existence. This transformation has reflected the potential of IT both as a cost saving mechanism and as a tool for supporting decision-making. New developments such as the Internet and mobile applications have an important ongoing impact on our life, continuing the process of transformation started by the punched card 50 years earlier. GIS are an area of IT application with a significantly different history from other types of information system. GIS-based applications are now becoming widespread in business, playing a role that reflects both the similarity of GIS to other forms of IT and the distinct characteristics of spatial applications. In some text books 'GIS' is disaggregated, and this can be helpful [2].*Geographical:* the 'spatial key' or location of features is central to data handling, analysis and reporting, which sets GIS apart from other data base management systems. *Information:* without data and information, GIS can have no role to play and good quality data are critical if the results of analysis are to be reliable. *Systems:* at a basic level they are computer-based systems, but it is important to remember that GIS are rarely personal technology, so an understanding of how organizations manage data and use information is critical to understanding and achieving effective use of GIS.

Finally, we can conclude from all this and according to definition used by ESRI [3] , the pioneer in software GIS, and also to Clark Labs's definition that in very practical terms GIS comprise a collection of integrated computer hardware and software which together are used for inputting, storing, manipulating and presenting geographical data (Fig. 1). The data may be in any textual, map or numeric form which is capable of being integrated within a single system. GIS exist in a variety of forms and embody the potential for an enormous range of applications.

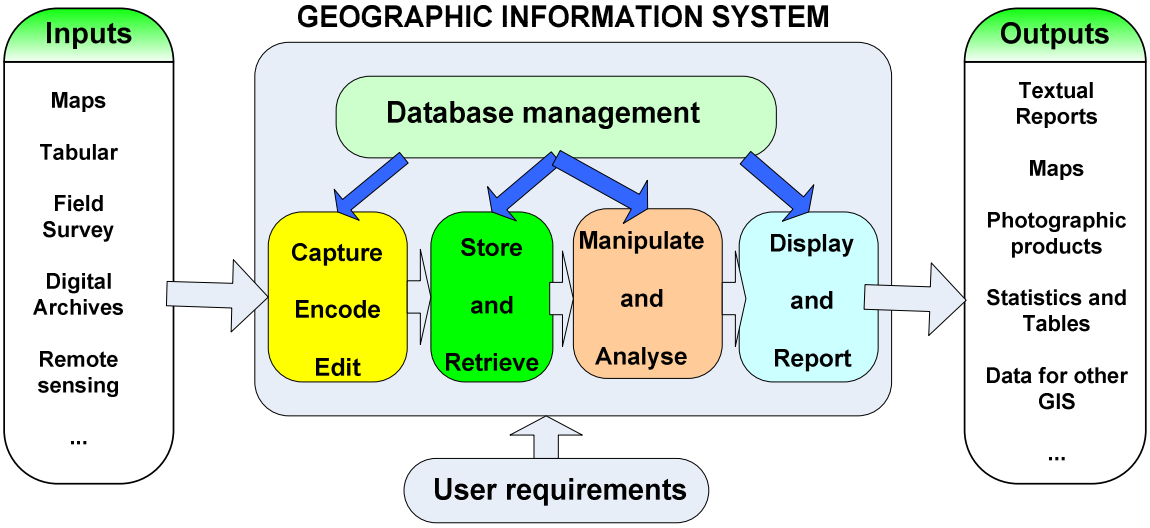


Fig. 1 Systems Diagram to iIlustrate GIS

3. Mobile GIS

In this section, we are going to give an overview about mobile GIS. First, we have to make a difference between the Mobile Mapping System (MMS) and MGIS. MMS integrates the concepts, theories, and expertise from different disciplines like kinematic geodesy, aerospace engineering, automatic control, software/hardware engineering, remote sensing, computer vision, and digital photogrammetry to acquire, store, and process measurable quantities that sufficiently describe spatial

and/or physical characteristics of a part of the Earth's surface [4]. MMS concept dates back to the late 1980s. In 1991, it was the development of the first directly georeferenced and fully digital land-based mapping system that is being led by the Ohio State University Center for Mapping, when it took the GPSVan™ project in initiation [5]; [6]; [7]. The University of Calgary started a joint project with GEOFIT Inc., at the same time, aimed at the development of the VISAT system designed for mobile highway mapping [8]; [9]. Further applications based on a like concept were developed and used world-wide, by the mid-1990s. MMS have been utilized for the collection of data on road infrastructure or building facades, however, over the last three years, some big companies such as Google, Microsoft…etc, have adopted the technology on a large scale, by the introduction of substantial fleets of mobile mapping vehicles for their imagines and mapping operations.

It exists many applications in municipal public administrations, environment monitoring, industry, scientific research, health, emergency, spatial data collection and processing and more that have been using GIS and MGIS technologies both as supporting tools for decision-making and for operational activities, through around the globe. During the last twenty years, a new kind of GIS has emerged, enabling the access to spatial data from any place and at any time: the Mobile GIS, due to the recent rise of mobile computation. The MGIS applications allow wide use and sharing GIS technologies with the public [10]. Many published works make sure that there are some definitions for MGIS, depending of the context where the author exists (e.g., in an enterprise, or interesting for this technology). MGIS is an integrated hardware/software framework to access services and geospatial data using mobile devices via cable or wireless networks, according to [11]. "MGIS is the use of geographic data in the field on portable devices" [12]. It's an advancement of the manner where the enterprise database is used and managed within an organization. It allows the user taking location intelligence from the office into the field. Fieldworkers are enabled by MGIS to capture, store, update, manipulate, analyze, and display geographic information. Besides, we cannot say that a mobile GIS application is corresponding to a conventional GIS application modified to run in a smaller device: they are systems based on a new model [13].

4. Mobile GIS Platform (MGISP)

The goal of our platform (fig 2) is to respond to the need for spatial data acquisition, mobile database tools to process geospatial data manipulation used by many services, organizations etc,. The purpose focused on the development of a mobile GIS platform to provide basic operational, user-friendly data-collecting capabilities in the field to a diverse user GIS, raster and vector data visualization.
MGISP has been thought to be used by field workers for collecting geolocation data and is designed to provide them with a set of services for simplifying the spatial data management. The platform was realized with the Microsoft's technology; the .NET Framework, the Windows Mobile platform for Pocket PCs, and the .NET Compact Framework incorporated in Visual Studio 2008. Technologies utilized for the development of MGISP are Visual C sharp and GPS for acquiring information about location also the SQL Server CE to perform mobile Database. Referring to the figure 3, the structure of the platform is organized in three components: a component for spatial data management; the server with a RMDBS, a component for interfacing and a component for services as viewing maps and images, capturing photos through camera.

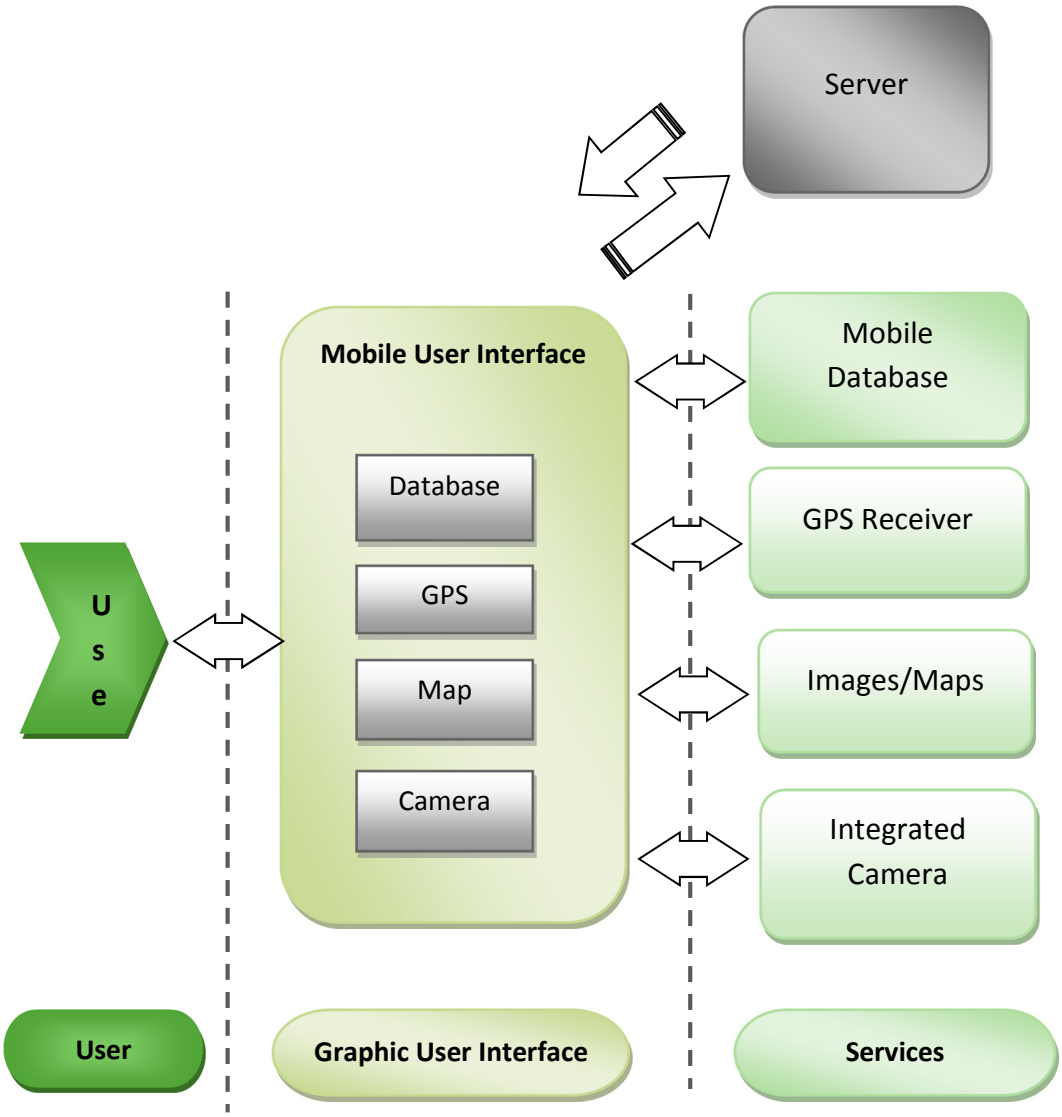
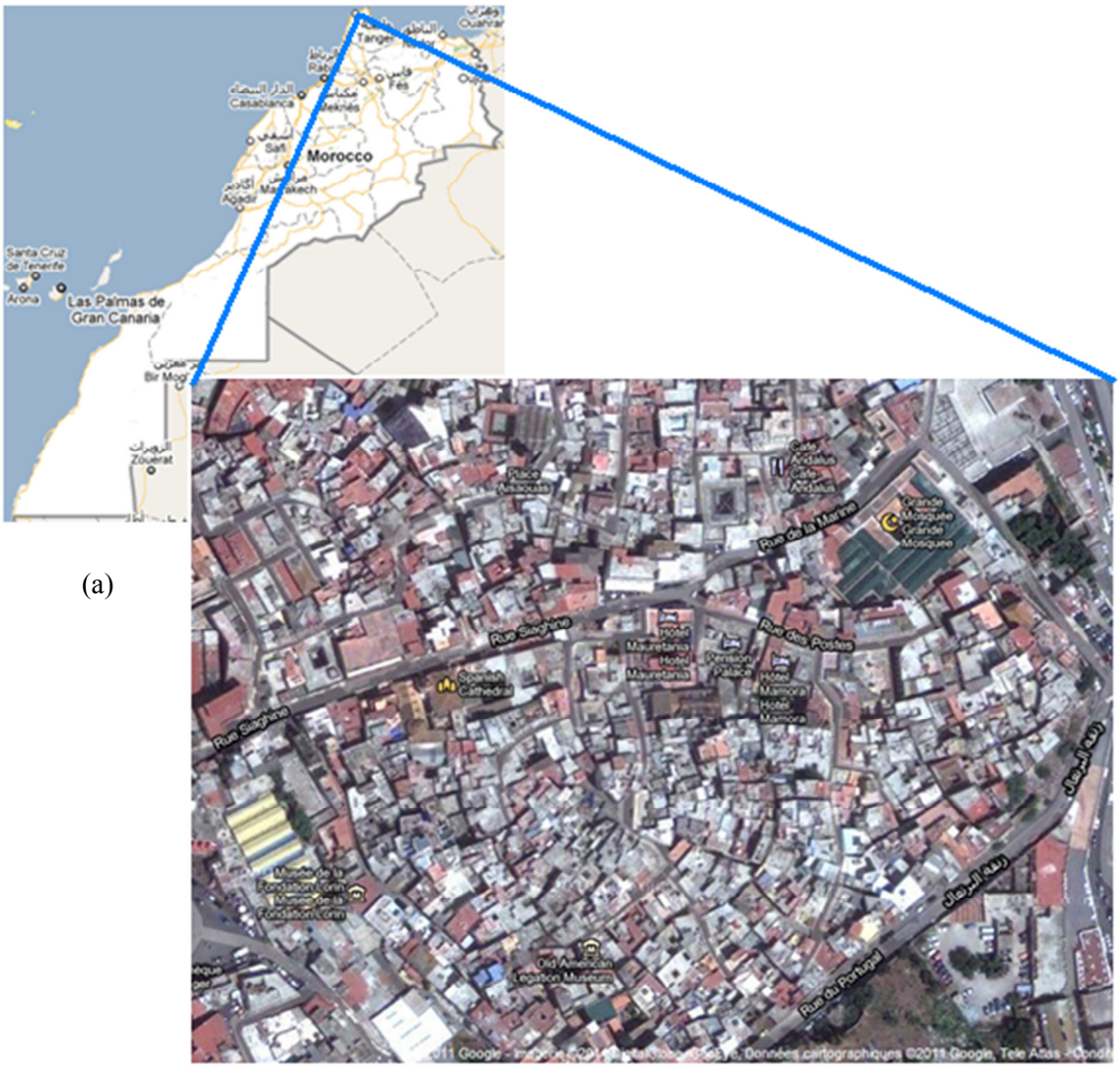


Fig. 2 Overall architecture of MGISP

5. Tangier Old Medina (Hay Bni Yeder) case study

Hay Bni Yeder is a part of the old city of Tangier that exists in the north of Morocco. This study has been dealt in order to determine the capacities and weaknesses/risks sites using GIS and our MGISP. We are realized this work in the frame of a workshop organized by the Moroccan Red Crescent[1]. The role of using GIS is to establish the both risks and capacities maps. Fig. 3 (a and b) shows the study site determination map based on Google Map sources. In The WGS 84 system, the spatial coordinates of this map are (latitude, 35.770; Longitude, -5.805). During the study and information gathering, we have found three major risks which threat the population such as (see Fig. 4); i) Illegal Immigrants, ii) building threatened to full and iii) aging electrical wiring. Fig. 5 illustrates the capacities map of the study area; Mosques, Eglis, Associations and Administrations.

[1] http://www.croissant-rouge.ma/



(a)

(b)

Fig. 3 Study area maps (http://maps.google.com/), (a) Map of Morocco, (b) Old Medina (Hay Bni Yeder**)** satellite image



Fig. 4 Risks map; Illegal Immigrants, Building threatened to full and aging electrical wiring

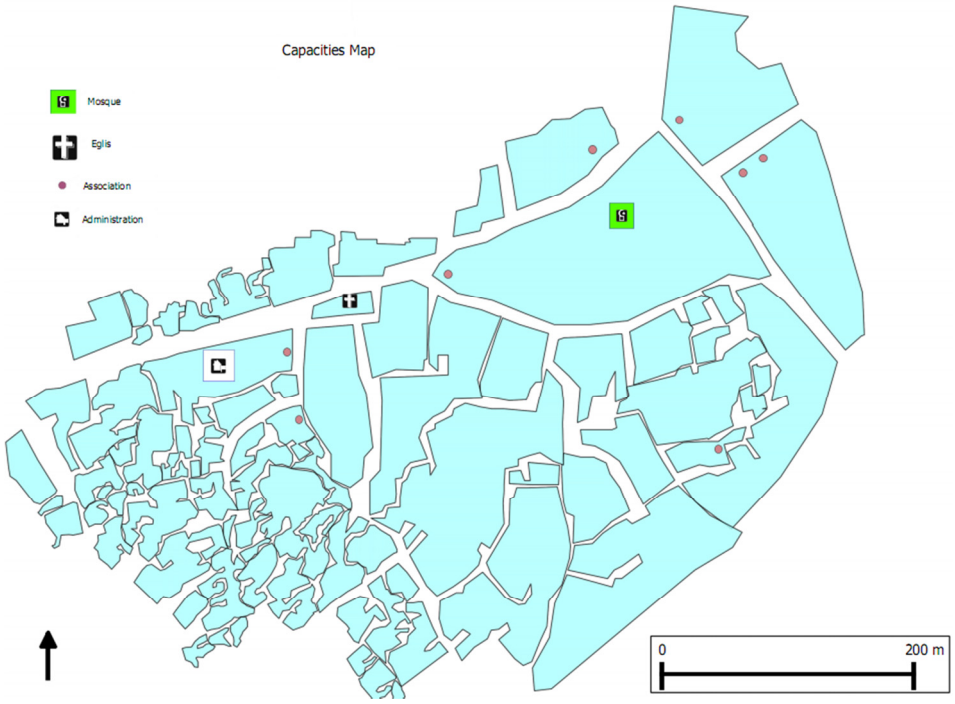


Fig. 5 Capacities map; Mosques, Eglis, Associations and Administrations

6. Conclusions.

The results presented in this paper reflect an ongoing research for determining capacities and weaknesses for the old medina of Tangier (Hay Bni Yeder) as a case study in order to contribute in the risks management. In this work we have used GIS and mobile GIS as tools so as collecting data and establishing capacities and risks map for the determination of capacities and weaknesses sites, to display and realize a sociable map. A review about GIS, GPS and mobile GIS is presented in this article.

Acknowledgment

This work was supported in part by the Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for “Integration and application of GIS and GPS on mobile systems” and “Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation” projects.

References

[1] S. Reader, "The Present State of GIS and Future Trends,". Don de Savigny and Pandu Wijeyaratne, Eds. PO Box 8500, Ottawa, ON, Canada K1G 3H9: The International Development Research Centre, 1994.
[2] Robert MacFarlane, "A Guide to GIS Applications in Integrated Emergency Management,"2005.
[3] ESRI, "What is GIS?," 2011.
[4] Taher Hassan, Cameron Ellum, and Naser El-Sheimy, "Bridging Land-Based Mobile Mapping Using Photogrammetric Adjustments,". ISPRS Commission I Symposium, Ed. Marne-la-Vallée, FRANCE: 2006.
[5] J. D. Bossler, C. C. Goad, C. P. Johnson, and K. Novak, "GPS and GIS map the Nation's highway," 1991, pp. 26-37.
[6] G. P. He and K. Novak, "Automatic analysis of highway features from digital stereo-images,", 29 ed 1992, pp. 119-124.
[7] J. D. Bossler and C. Toth, "Accuracies obtained by the GPSVan,", 1 ed Nashville, Tennessee: 1995, pp. 70-77.
[8] K. P. M. C. M. E. C. a. P. G. Schwarz, "An integrated INS/GPS approach to the georeferencing of remotelysensed data," Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 59, no. 11, pp. 1667-1674, 1993.
[9] N. El-Sheimy, K. P. Schwarz, and M. Gravel, "Mobile 3-D positioningusing GPS/INS/video cameras," Columbus, Ohio: 1995, pp. 236-249.
[10] Z. Xiaoqing and L. and Qingquan, " The Deliver and Visualization of Geospatial Information in Mobile GIS,", 2 ed Wuhan, China: 2005, pp. 1348-1351.
[11] M.-H. Tsou, "Integrated mobile GIS and wireless Internet map servers for environmental monitoring and management," Cartography and Geographic Information Science, vol. 31, no. 3, pp. 153-165, 2004.
[12] Trimble, "Mobile GIS," 2010.
[13] David Maguire, "Mobile Geographic Services Come of Age," 2001, pp. 6-9.

Spatial Data Collection Based on GPS: MGISP-Mobile GIS Platform Development

A, Azyat[1], N, Raissouni [2,] N, Ben Achhab[1], A, Chahboun[1], M, Lahraoua[1]

[1] Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaadi University, Tetuan, Morocco.
[2] National School for Applied Sciences of Tetuan. Abdelmalek Essaadi University. Morocco.
[1, 2] Innovation and Telecoms Engineering, Research Group.
Remote Sensing & Mobile GIS, Unit.
azyat2002@yahoo.fr ; nraissouni@uae.ma

Abstract. Realizing a successful Geographic Information System (GIS) project needs to collect and manage geographic information, to create and update maps by making measurements in the field, plans and databases suitable for many domains such as urban and regional mapping, cadastral, forestry and geologic mapping, environmental data collection, utility market and power supply industry, public safety, traffic infrastructure, agricultural mapping, etc. Today, Mobile GPS services play an important role for accurate determination of asset locations and field inspection. The backbone of most infrastructure management systems is based on an accurate inventory of all assets. In order to document the geographic location of any asset and integrate it with database, field data collection GPS systems integrated with an Enterprise GIS should be used. For instance, we can decide whether and when needs repair or replacement by real-time field inspection. The integration of GPS field data collection with GIS contributes to save valuable time that can be used to mitigate environmental impact and costs, and hence save human lives. In this paper we present a MGISP platform that permitting to create a local database on mobile devices and specifically PDA with Windows Mobile 6, with the following options; add, read and delete data, also creating tables. This platform can read and show information from a built-in GPS device. Two components are integrated for displaying images and maps and for using an integrated camera. Finally, a test performed with the Juno SC handheld is carried out.

Keywords: Spatial Data Collection, GPS, Mobile GIS, Mobile Database.

1. Introduction.

Nowadays, geographic information is immensely important in our life; for the industry, government and for the society. To construct a spatial data infrastructure which is based on geodata, it requires gathering a huge amount of spatial data and organizes it in databases. Mobile Geographic Information System (MGIS) technology is the extend of GIS from the desk to the field [1]; [2]. It is the combination of Geographic Information System (GIS) software, Global Positioning Systems (GPS), and portable computing devices [3]. MGIS basically changes the way information is collected, used in the field, and shared with the rest of an organization. Fieldworkers are enabled by a MGIS to display information in a digital map, gather information anytime and anywhere, and interact in a direct way

with the world around them, hence improving productivity and data accuracy. It seems that there are several factors that contribute in the MGIS development, among them; the enhancement in GPS technology, essentially, the precision of the positioning which arrive at sub-millimeter [4], due to the integration of new technologies. This development is based also on the advances in nomadic computing, mobile databases and communication technologies.

Many solutions are designed for portable database management, which permits the running and analyses of spatial and non-spatial data. We find, for instance, Microsoft SQL Server 2005 Compact Edition; a single-user client application compact embedded database proper to all Windows Platforms, counting Desktops Tablet PCs, Pocket PCs and Smart Phones [5]. The advancements in communication technologies; wireless communications, including internet GIS access, Wi-Fi, broadband, and Bluetooth capabilities, enable mobile users to access complex functionality like geographic information systems. As Mallick (2003) said that the wireless networks are among of the driving forces behind mobile GIS. The present work is mainly based on the design and implementation of a mobile GIS platform permitting: managing and executing several tasks on mobile databases and mobile devices, acquiring field data (specifically capturing positions about location using GPS receiver and camera), in addition to the capabilities of maps and images viewing in different formats and vectors in the shapefile format. In the following, sections 2 and 3 describe the mobile database application and the mobile GIS, respectively. The mobile GIS platform is described in section 4. Finally, section 5 contains final conclusions.

2. Mobile databases (MDB)

In the early 90's many research have been started about mobile databases (MDB) concerning transaction processing [6], data management in the mobile computing environment [7], [8], and also others issues depending database system in nomadic computing [9]. Several of the issues involved in accessing remote data have been addressed by traditional distributed databases and multi-databases relying on fixed network connectivity. Cao (2009) has defined MDB in the Encyclopaedia of Database Systems as "A database that resides on a portable device such as a PDA, a smart phone, or a laptop. Such devices are often limited in resources such as memory, computing power, and battery power". According to [10] and [11] table 1 (a and b) summarizes several mobile database products compete in the market space for inclusion in business and consumer applications. From table 1 (a and b) we remark that SQLite is undoubtedly the simplest and smallest of the mobile database and is already heavily used by many well-known companies and handhelds. Deanna (2010) mentioned that in situations where a complex engine is not needed, and data synchronization is not a concern, the type of this database is ought to only be used. Concurrency should also be a top consideration due to the database locking on writes. However, it has unavailability regarding the connection protocols. Another free database is Microsoft SQL Server CE, and is more complex and capable than SQLite. Nevertheless, it is limited in its capabilities such as a lack of support for stored procedures and XML data types. With other products from Microsoft (SQL Server Management Studio, SQL Server Analysis Services, and Visual Studio) its integration makes it a strong competitor depending on needs. One definite advantage that characterizes DB2 Everyplace over SQL Server Compact is its cross-platform support. DB2 exists in two editions. Database edition is good for solutions not requiring synchronization or frequent updates. In the opposite, the Enterprise edition should be used. Oracle and SQL Anywhere are considered the most robust and therefore, most expensive choices for embedded databases. A scaled-down lighter engine is supplied by both vendors as well as the robust offering.

Other than, cost could be prohibitive. The increased footprint and cost would have been justified to the system needs. By this overview, some capabilities of each of these mobile database offerings and many characteristics are presented (Table 1).

Table 1a. Summary of some relevant and existing mobile database products with their corresponding characteristics: Features, OS supporting, Synchronization/Integration with Backend, and Security.

Product	Features	OS supporting	Synchronization/ Integration with Backend	Security
SQL Server Compact	-Deploying on smart devices and computers -SQL Server Compact Edition Tools for Visual Studio 2005 SP1 -SQL Server Compact Edition Developer SDK - SQL Server Compact Edition Server Tools	-Windows Embedded -Windows Mobile -Windows Desktop -Windows Serve	-Remote Data Access (RDA) -Merge replication -Requires a Client Access License (CAL) to the host SQL Server	- 128-bit data encryption -Authentication and authorization for RDA handled by Internet Information Services (IIS) -Encryption via Secure Sockets Layer (SSL) -DB file secured using RSA 128-bit data file encryption
Oracle Database Lite	-Synchronization support for SQLite databases -Windows Mobile 5 and 6/CE Standard SDK 5.0 support -Android and Blackberry device support -JDK 1.5 compatibility -C++/.Net stored procedures support Troubleshooting with Mobile Server Repository Diagnostic Tool (MSRDT)	-Windows (2003, XP, Vista) -Windows Mobile (5, 6) -Linux (RedHat) -Linux Embedded -Symbian (7, 8, 9) -Mobile Server is deployable on Windows, Linux, Sun SPARC, HP-UX and IBM AIX	-Mobile Server provides bi-directional data synchronization to an enterprise instance of an Oracle database. -Asynchronous and synchronous incremental data synchronization between thousands of mobile users and the Oracle Database recovers from network failures during synchronization -File-based synchronization in absense of network connectivity -Synchronization support has been extended to include SQLite databases	- FIPS-140 compliance -SSL -128-bit AES encryption

Table 1a. (Continued)

Product	Features	OS supporting	Synchronization/ Integration with Backend	Security
IBM DB2 Everyplace: DB2e (Database Edition)	-Used for cases where data synchronization to a central host is not necessary, the Database Edition provides for local data storage	-Windows (2000, 2003, XP, Vista, CE) -Linux -Linux Embedded -Symbian -QNX -Palm OS	- DB2 Everyplace Sync - DB2 Everyplace Sync Server	- Local data encryption provided by plugins based on individual platforms -DSYEncrypt utility encrypts passwords
SQL Anywhere	-20,000 transactions per minute -Veritas Cluster Server (VCS) agent -UltraLiteJ for use on BlackBerry devices and with J2SE -v.12: Support for spatial data, language extensions, performance improvements, support for iPhone…	-Windows Mobile -Linux Embedded -Mac OSX on Intel -Sun -HP-UX -MobiLink: Windows, Linux, Mac OS X, Sun Solaris, IBM AIX,	Bi-directional replication is accomplished using MobiLink	Optional purchases: RSA and ECC encryption protocols
SQLite	-Zero-Configuration -Serverless -Single Database File -Stable Cross-Platform Database file	Cross-platform, 32-bit and 64-bit systems	not available in this edition	Support for reading and writing encrypted databases using these algorithms: RC4, AES-128 in OFB mode, AES-128 in CCM mode, and AES-256 in OFB mode.

3. Mobile GIS (MGIS)

It exists many applications in municipal public administrations, environment monitoring, industry, scientific research, health, emergency, spatial data collection and processing and more that have been using GIS and MGIS technologies both as supporting tools for decision-making and for operational activities, through around the globe. During the last twenty years, a new kind of GIS has emerged, enabling the access to spatial data from any place and at any time: the Mobile GIS, due to the recent rise of mobile computation. The MGIS applications allow wide use and sharing GIS technologies with the public [12]. Many published works make sure that there are some definitions for MGIS, depending of the context where the author exists (e.g., in an enterprise, or interesting for this technology). MGIS is an integrated hardware/software framework to access services and geospatial data using mobile devices via cable or wireless networks, according to [13]. “MGIS is the use of geographic data in the field on portable devices”. It's an advancement of the manner where the enterprise database is used

and managed within an organization. It allows the user taking location intelligence from the office into the field. Fieldworkers are enabled by MGIS to capture, store, update, manipulate, analyze, and display geographic information. Besides, we cannot say that a mobile GIS application is corresponding to a conventional GIS application modified to run in a smaller device: they are systems based on a new model. This model implies, along with stuff, considering some constraints like the limited bandwidth of the wireless communication network. Low processing and storage power of the mobile devices as well. MGIS integrates the following technologies: (1) Global Positioning Systems (GPS), (2) Handheld computers (3) Wireless communications for Internet GIS access and (4) GIS software.

4. MGIS Platform (MGISP) for MDB management, geoinformation acquiring and location mapping

In this work, we have developed a mobile database platform MGISP for a small-footprint database management, spatial data acquisition and location mapping using an external/embedded GPS receiver and a built-in camera. This platform is installed on a mobile device. Most normally the local database is a replica of a part of a central database that is installed at a server computer. Key DBMS vendors like Oracle, IBM and Microsoft, are providing mobile extensions for their database servers (more details on Table 1). We have chosen a Pocket PC with Windows Mobile 6.0 and SQL Server 2005 Mobile Edition as the computing platform for our mobile application, for the reasons mentioned the earlier. However, corresponding technologies of other vendors could be used as well. The MGISP has been tested first on a Windows Mobile Emulator Windows Mobile 6.0. To start executing and installing MGISP on the emulator, we have used Microsoft Visual. The emulator works as a real Windows Mobile Pocket PC. All the operations of the mobile application have been tested given promising results as shown in Fig 3. Figure 3a, illustrates main MGISP interface, Fig 3b shows the MapForm interface for displaying map.



a b

Fig. 3 MGISP interfaces

5. Conclusion

Development of a mobile geographic information system platform in order to manage, collect spatial information and location mapping is an important task, which supply to emphasize the data-intensive computing. Our experience with designing, implementing and testing the application is satisfactory in several aspects. The efforts to implement the local mobile database manipulation interface and acquire GPS information with location mapping and photo capturing was a good idea giving facilities to work in a fast way in the field. This platform works reliably and it is efficient and user-friendly. For the realization of a mobile geographic information system platform, our case study showed that there are sufficient tools and techniques available to provide a set of interfaces by which we can achieve the objectives required by conventional platforms.

Acknowledgment

This work was supported in part by the Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for “Integration and application of GIS and GPS on mobile systems” and “Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation” projects.

References

[1] Y. Lei and L. Hui, "Which One Should be Chosen for the Mobile Geographic Information Service Now, WAP vs. i-mode vs. J2ME?," Mobile Networks and Applications, vol. 11, pp. 901-915, 2006.

[2] A. Abdelilah, R. Naoufal, B.A. Nizar, C. Asaad, and L. Mohamad, "Development of a Mobile GIS Platform Using Web Services Technologies: Spatial data Management and Geovisualisation,". The Fifth National GIS Symposium in Saudi Arabia, Ed. 2010.

[3] M.-H. Tsou, "Integrated mobile GIS and wireless Internet map servers for environmental monitoring and management," Cartography and Geographic Information Science, vol. 31, no. 3, pp. 153-165, 2004.

[4] Trimble, "Mobile GIS," 2010.

[5] Microsoft, "Microsoft SQL Server 2005 Compact Edition Overview,"2005.

[6] K.C. Panos, " Transaction processing in mobile computing environment. In ," IEEE Workshop on Advances in Parallel and Distributed Systems, pp. 77-82, 1993.

[7] I. Tomasz and B. R. Badrinath, " Data management for mobile computing," ACM SIGMOD Record, vol. 22, no. 1, pp. 34-49, 1993.

[8] H.D. Margaret and S.H. Abdelsalam, "Mobile computing and databases: anything new?," SIGMOD Record, vol. 24, no. 4 1995.

[9] A. Rafael and F.K. Henry, "Database system issues in nomadic computing," 1993, pp. 388-392.

[10] B. Mark, Wireless Internet Applications and Architecture: Building Professional Wireless Applications Worldwide Addison-Wesley Professional, 2002.

[11] D. Deanna, "Gain the Competitive Advantage: Data Management Solutions for Mobile Devices," 2010.

[12] Z. Xiaoqing and L. and Qingquan, " The Deliver and Visualization of Geospatial Information in Mobile GIS,", 2 ed Wuhan, China: 2005, pp. 1348-1351.

[13] T. Ming-hsiang, "Integrating web-based GIS and image processing tools for environmental monitoring and natural resource management," J Geograph Syst : vol. 6, pp. 1-20, 2004.

Remote Sensing Land Surface Temperature derived from Meteosat Second Generation thermal infrared satellite data

M, Lahraoua[1], N, Raissouni[1] , A, Chahboun[1], N, Ben Achhab[1] and A, Azyat[1]

[1] ENSA, Abdelmalek Essaadi University UAE. Tetuan, Morocco, Emails: m_lahraoua@yahoo.fr, nraissouni@uae.ma

Abstract. The Meteosat Second Generation (MSG2) used in satellite remote sensing, is provided with 12 spectral bands covering the Visible and Near InfraRed (VNIR), Short Wave InfraRed (SWIR), Mid-InfraRed (MIR), and Thermal Infrared (TIR) spectral range. The aim of the present paper is to provide an operational Split-Window (SW) algorithm to retrieve Land Surface Temperature (LST) from MSG2 Satellite imagery. MODTRAN 4.0 transfer code has been used to estimate the corresponding coefficients for the proposed algorithm.
A sensitivity analysis has been carried out in order to study the performance of the proposed algorithm. The results show an error in LST of about 1.6 K corresponding to the combination of Channels IR10.8 and IR12.0.

Keywords: Land surface temperature (LST), Meteosat Second Generation (MSG), MODTRAN 4.0, Split Window (SW).

1. Introduction.

Land Surface Temperature is one of most key parameters in the physics of land surface processes, combining surface atmosphere interactions and the energy fluxes between the atmosphere and the ground surface [1],[2]. It is used in many applications, such as evaportranspiration modeling [3],[4], estimating soil moisture [5], and climatic, hydrological, ecological and biogeochemical studying [6]. An accurate LST retrieval would not only help to estimate surface energy and water balances, soil moisture [7].

Meteosat Second Generation (MSG) satellite was developed by European Space Agency (ESA) and EUMETSAT. The last satellite of MSG 2 series (Meteosat 9) was launched in December 2005. MSG satellite's main payload is the Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVIRI). This optical imaging sensor detects radiation in 12 spectral channels ranging from visible to thermal infrared wavelengths; three visible and near-infrared channels, eight infrared channels, and one visible broadband channel (HRV).

In order to retrieve the LST algorithm from SEVIRI/MSG2 data, we propose in this paper a split window algorithm that uses the thermal bands IR10.8 and IR12.0. The split-window coefficients are derived from the MSG2 forward simulations with the moderate resolution atmospheric radiance and transmittance model (MODTRAN 4.0) [8].

2. Split-window Algorithm.

The split-window method was originally proposed to estimate sea surface temperature from satellite measurements based on the differential absorption in two adjacent infrared channels, and then was extended to land surface.

The basis of the split-window when it is applied in the region 10–12.5 μm, is that the atmospheric attenuation suffered by the surface emitted radiance is proportional to the difference between the at-sensor radiances measured simultaneously in two different thermal channels [9]. Many papers have used this technique to extract sea surface temperature [10] - [12] and land surface [13]-[16]. In this paper, the two-channel algorithm proposed by Sobrino and Raissouni [17] has been used, which takes into account the emissivity and water vapor effects:

$$T_s = T_i + c_1\left(T_i - T_j\right) + c_2\left(T_i - T_j\right)^2 + c_0 + \left(c_3 + c_4 W\right)\left(1-\varepsilon\right) + \left(c_5 + c_6 W\right)\Delta\varepsilon \qquad (1)$$

where T_s is the surface temperature (in K), T_4 and T_5 are the at-sensor brightness temperatures of the AVHRR/NOAA thermal Channels i and j (in K), ε_i and ε_j are emissivity estimates for Channels i and j, $\varepsilon = (\varepsilon_i + \varepsilon_j)/2$ is the mean effective emissivity, $\Delta\varepsilon = (\varepsilon_i - \varepsilon_j)$ is the emissivity difference, W (g cm^{-2}), is the total amount of the columnar atmospheric water vapor. Finally, the SW algorithm coefficients, from c_0 to c_6, are obtained using MODTRAN 4.0 radiative code simulation.

3. The SEVIRI sensor and data.

MSG satellite's equipped with 12 spectral channels, ranging from visible to thermal infrared wavelengths. This optical imaging sensor detects radiation in 12 spectral channels; three visible and near-infrared channels are centered at 0.6, 0.8 and 1.6 μm, and eight infrared channels centered at 3.9, 6.2, 7.3, 8.7, 9.7, 10.8, 12.0 and 13.4 μm, and finally one visible broadband channel (HRV) at 0.5-0.9 μm (Table 1).

Channel	Spectral Range (μm)	Centre Spectral (μm)	Resolution (km)
1	0.56- 0.71	0.6	3
2	0.74- 0.88	0.8	3
3	1.50- 1.78	1.6	3
4	3.48- 4.36	3.9	3
5	5.35- 7.15	6.2	3
6	6.85- 7.85	7.3	3
7	8.30- 9.10	8.7	3
8	9.38- 9.94	9.7	3
9	9.80-11.80	10.8	3
10	11.00-13.00	12.0	3
11	12.40-14.40	13.4	3
12	0.50- 0.90	0.7	1

Table 1. Characteristics of the SEVIRI sensor channels.

In this study, two infrared channels 9 and 10 (IR10.8 and IR12.0), which are converted to reflectance and brightness temperature have been used to retrieve the LST algorithm.

4. MODTRAN 4.0 simulations.

The band model MODTRAN 4.0 is used to calculate the brightness temperatures expected at the satellite for 54 different situations. The profiles of temperature for these situations were obtained from the radiosoundings extracted neatly from the TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) initial guess retrieval (TIGR) database [18].

The brightness temperatures have been calculated for a large gradient of temperatures between the near surface temperature and ground surface. Furthermore, we have used 100 different emissivities of spectral responses of several types of surface extracted from the ASTER spectral library [19], as described in [20]. Emissivities were obtained by the integration of the NOAA filters functions with the appropriate emissivity spectrum. Angular dependence of surface emissivities is calculated in the experimental study.

The calculations have been done for a large gradient of temperatures, consisting of five surface temperatures T-5, T, T+5, T+10, and T+20, (T is the first boundary layer temperature of the atmosphere) and five different view angles (0º, 10º, 20º, 30º and 40º).

By taking into account the five view angles, the five different LST values, the 54 atmospheric profiles and the 100 surface emissivities, SW coefficients were determined from the minimization of 135000 data points.

The outputs of applying the MODTRAN 4.0 code are values of Atmospheric Parameters: atmospheric transmittance, atmospheric downwelling radiance and atmospheric upwelling radiance, corresponding to the channel filter function used (in our case thermal bands Channels 9 and 10 for MSG and Channels 4 and 5 for NOAA 11).

5. Sensitivity analysis.

The standard deviation of the LST associated with the algorithm gives a preliminary idea of the algorithm accuracy, but does not represent the total error. In order to obtain the total error a sensitivity analysis has been used. On the basis of the error theory, the following equation has been considered [10]:

$$\sigma_{LST} = \sqrt{\sigma_{alg}^2 + \sigma_{NE\Delta E}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2 + \sigma_{W}^2} \tag{2}$$

where σ_{alg} is the standard deviation associated with the algorithm and $\sigma_{NE\Delta T}$, σ_{ε} and σ_{W} are the contribution to the total error due to the uncertainties for at-sensor temperatures $NE\Delta T$, land surface emissivity and atmospheric water vapor, respectively, and they are given by

$$\sigma_{NE\Delta T} = \sqrt{\left(\frac{\partial Ts}{\partial T_i}\right)^2 e^2(T_i) + \left(\frac{\partial Ts}{\partial T_j}\right)^2 e^2(T_j)} \tag{3}$$

$$\sigma_{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{\partial Ts}{\partial \varepsilon_i}\right)^2 e^2(\varepsilon_i) + \left(\frac{\partial Ts}{\partial \varepsilon_j}\right)^2 e^2(\varepsilon_j)} \quad (4)$$

$$\sigma_W = \left(\frac{\partial Ts}{\partial W}\right) e(w) \quad (5)$$

Assuming typical values for the different errors, $e(T_i) = e(T_j)$ = 0.05 K, $e(\varepsilon_i) = e(\varepsilon_j)$ = 0.01 K or $e(\varepsilon_i) = e(\varepsilon_j)$ = 0.005 and $e(W)$ = 0.5 g.cm^{-2}, and taking into account the different situations used in the simulation procedure.

6. Results

Table 2 compiles the SW coefficients (c_0 to c_6) obtained from MODTRAN 4.0 radiative code simulations and the correlation coefficient (R).

Platform	c_0 (K)	c_1	c_2 (K^{-1})	c_3 (K)	c_4 (K .cm^2.g^{-1})	c_5 (K)	c_6 (K .cm^2.g^{-1})	R
MSG 2 SEVERI	0.24	1.24	0.30	59.40	-0.76	-96.36	5.01	0.94
NOAA 11	0.27	1.88	0.02	57.20	0.07	-132.00	10.31	0.96

Table 2. Split-Window (SW) coefficients (c_0 to c_6) for MSG 2 SEVERI and NOAA 11 satellites and Correlation coefficient (R).

Table 3 which includes the contribution to the total error of the different terms (σ_{alg}, $\sigma_{NE\Delta T}$, σ_{ε}, and σ_W), and the total error in σ_{LST}.

Platform	δ_{alg} (K)	$\delta_{NE\Delta T}$ (K)	δ_{ε} ($e(\varepsilon)$=1%)	δ_{ε} ($e(\varepsilon)$=0.5%)	δ_W (K)	δ_{LST} ($e(\varepsilon)$=1%)	δ_{LST} ($e(\varepsilon)$=0.5%)
MSG 2 SEVERI	1.06	0.22	1.26	0.63	0.02	1.66	1.25
NOAA 11	1.04	0.29	1.57	0.79	0.03	1.91	1.34

Table 3. The sensitivity analysis: Error due to the minimization (δ_{alg}). Error due to the noise equivalent delta temperature ($\delta_{NE\Delta T}$). Error due to the uncertainty of the surface emissivity (δ_{ε}) . Error due to the uncertainty of the atmospheric water vapor content (δ_w) and total error in the land surface temperature (δ_{LST}) considered the typical values of emissivity errors $e(\varepsilon_4)=e(\varepsilon_5)$= 1 % or $e(\varepsilon_4)=e(\varepsilon_5)$= 0.5 %

We do not have a complete data set of in situ measurements coinciding with MSG 2 SEVERI platforms; thus, we provide a pseudo-validation using some in situ measurements of LST in coincidence with NOAA 11 (Table 4).

In order to give an idea of the approximated behavior of the proposed SW algorithms, we have used the database given by [21].

Platform	Mean differences (bias) (K)	Standard deviation of differences (K)	Root Mean Square Error (K)
MSG 2 SEVERI	0.72	1.36	1.38
NOAA 11	0.65	1.52	1.52

Table 4. Validation of the proposed Split-window (SW) algorithms for NOAA 11 ***using*** Hay and Walpeup in situ measurements data and behavior study of the pseudo-validation of SW algorithms for MSG 2 SEVERI. Mean differences (bias) (K). Standard deviation of differences (K). Root Mean Square Error (K).

7. Conclusion

In this paper, we present an operational algorithm to retrieve LST from SEVIRI data. From the simulations, it is shown that LST can be obtained with an error lower than 1.6 K at viewing angles lower than 40º. LST products have been validated using in situ data and LST products from NOAA 11.

Acknowledgements

This work was supported in part by the Morocco Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for "Integration and application of GIS and GPS on mobile systems" and "Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation" projects.

References

[1] H. Mannstein, "Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia", Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology 1987, (pp. 391-410).

[2] P. J. Sellers, F. G. Hall, G. Asrar, D. E. Strebel, and R. E. Murphy, "The first ISLSCP field experiment (FIFE) ", Bulletin of the American Meteorology Society, 1988, (pp. 22-27).

[3] V.V. Serafini, "Estimation of the evapotranspiration using surface and satellite data", International journal of remote sensing, 1987, (pp. 1547-1562).

[4] N. Bussieres, P.Y.T Louie, and W. Hogg, Progress report on the implementation of an algorithm to estimate regional evaportanspiration using satellite data, Proceeding of the workshop on applications of remote sensing in hydrology, Saskaton Saskatchewan (1990).

[5] [5] J. C. Price, "The potential of Remotely Sensed Thermal Infrared data to Infer Surface Soil Moisture and Evaporation", Water Resources, 1990, (pp. 22-27).

[6] V. Casellas, and J.A. Sobrino, "Determination of frosts in orange groves from NOAA-9 AVHRR data", Remote Sensing of Environment, 1989, (pp. 135-146).

[7] J. A. Sobrino, M. H. El Kharraz, J. Cuenca, and N. Raissouni, "Thermal inertia mapping from NOAA-AVHRR data", Advances in Space Research, 1998, (pp. 665-667).

[8] A. Berk, G. P. Anderson, P. K. Acharya, J. H. Chetwynd, L. S. Bernstein, E. P. Shettle, M. W. Matthew, and S. M. Adler-Golden, "MODTRAN4 User's Manual", Bedford, MA: Air Force Res. Lab., Hanscom AFB,(1999).

[9] L.M. McMillin, "Estimation of sea surface temperatures from two infrared window measurements with different absorption", Journal of Geophysical Research, 1975, (pp. 5113-5117).

[10] P. Y. Deschamps., & T. Phulpin, "Atmospheric correction of infrared measurements of sea surface temperature using channels at 3.7, 11 and 12 μm", Boundary-Layer Meteorology, 1980, (pp. 131-143).

[11] J. A. Sobrino, V. Caselles, & C. Coll, "Theoretical split window algorithms for determining the actual surface temperature", Il Nuovo Cimento, 1993, (pp. 219-236).

[12] J. A. Sobrino, C. Coll, & V. Caselles, "Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-11 AVHRR Channels 4 and 5", Remote Sensing of Environment, 1991, (pp. 19-34).

[13] J. C. Price, "Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA 7 AVHRR", Journal of Geophysical research, 1984, (pp. 7231-7237).

[14] A. J. Prata, "Land surface temperatures derived from the AVHRR and ATSR: 1. Theory". Journal of Geophysical Research, 1993, (pp. 689-702).

[15] F. Becker, & Z. -L. Li, "Towards a local split window method over land surfaces", International Journal of Remote Sensing, 1990, (pp. 369-394).

[16] J. A. Sobrino, J. C. Jiménez-Muñoz, J. El-Kharraz, M. Gómez, M. Romaguera, & G. Sòria, "Single-channel and two-channel methods for land surface temperature retrieval from DAIS data and its application to the Barrax test site". International Journal of Remote Sensing, 2004, (pp. 215-230).

[17] J. A. Sobrino and N. Raissouni, "Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: Application to Morocco", International Journal of Remote Sensing, 2000, (pp. 353-366).

[18] J. A. Sobrino, Z.-L. Li, and M. P. Stoll, "Impact of the atmospheric transmittance and total water vapor content in the algorithms for estimating satellite sea surface temperatures", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1993, (pp. 946-952).

[19] S. J. Hook, The ASTER Spectral Library, Pasadena, CA: Jet Propulsion Lab., [Online]. Available: http://speclib.jpl.nasa.gov, (1999).

[20] J.-C. Jiménez-Muñoz and J. A. Sobrino, "Feasibility of retrieving land- surface temperature from ASTER TIR bands using two-channel algorithms: A case study of agricultural areas", IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2007, (pp. 60-64).

[21] A. J. Prata, "Land surface temperatures derived from the advanced very high resolution radiometer and the along-track scanning radiometer 2. Experimental results and validation of AVHRR algorithms", Journal of Geophysical Research, 1994, (pp. 13025-13058).

Split-Window LST Coefficients Retrieval from Thermal InfraRed-TIR Sensors onboard Remote Sensing Satellites

N, Raissouni[1], M, Lahraoua[1], A, Chahboun, N[1], Ben Achhab, A, Azyat[1] and S, El Adib[1]

[1]ENSA-Tetuan. University Abdelmalek Essaadi UAE. Tetuan, Morocco, Emails: nraissouni@uae.ma

Abstract. The present research discusses the Split Window (SW) coefficients used to retrieve Land Surface Temperature (LST) from Thermal Infrared (TIR) sensors onboard the most popular remote-sensing satellites: NOAA/AVHRR series, METOP/AVHRR3, ERS-ATSR2, ENVISAT/AATSR, TERRA/AQUA- MODIS and MSG1/SEVIRI.

The coefficients in the SW algorithm corresponding to a series of overlapping ranging of the mean emissivity, the atmospheric water vapor content, and the LST was derived using a statistical regression method from the numerical values simulated with an accurate Atmospheric Radiative Transfer model MODTRAN 4.0 over a wide range of atmospheric and surface conditions.

The study also analyzes the magnitude of the error on the LST retrieval and the contribution to the error of the different uncertainties. Results are summarized in a look up table useful for the scientific community and the society interested on land surface retrievals at the local, regional and global scale.

Keywords: Land Surface Temperature (LST), MODTRAN, Split Window (SW), Remote Sensing Satellites.

1. Introduction.

LST is one of the most key parameters in the physics of land surface processes, combining surface atmosphere interactions and the energy fluxes between the atmosphere and the ground surface [1-4]. It is used in many applications, such as evapotranspiration modeling [5-9], estimating soil moisture [10-13], and climatic, hydrological and ecological studies [14-17]. An accurate LST retrieval also enables an analysis of the global surface temperature and its variability within a long period of time [18-19]. Some of the major researches are related to the removal from remotely sensed data of the effects caused by atmospheric attenuation, land surface emissivity, and topography [20-26].

This paper describes the proposed SW algorithm, the simulation procedure employed to obtain the SW coefficients and the sensitivity analysis made in order to assess the expected accuracy of the retrieved LSTs and shows the results obtained for each thermal sensor.

2. The split-window method.

The Split-Window (SW) method was originally proposed to estimate Sea Land Surface Temperatures (SST) from satellite measurements based on the differential absorption in two adjacent infrared channels, and then was extended to land surface.

Many papers have used this technique to extract SST and LST [27-31]. In this paper, the SW algorithm structure proposed by Sobrino & Raissouni (2000) has been used, which takes into account the spectral emissivity and water vapor content:

$$T_s = T_i + c_1(T_i - T_j) + c_2(T_i - T_j)^2 + c_0 + (c_3 + c_4 W)(1-\varepsilon) + (c_5 + c_6 W)\Delta\varepsilon \quad (1)$$

where T_s is the land surface temperature (in K), T_i and T_j are the at-sensor brightness temperatures of the Thermal Infrared (TIR) Channel i and j (in K), ε_i and ε_j are emissivity estimates for Channels i and j, $\varepsilon = (\varepsilon_i + \varepsilon_j)/2$ is the mean effective emissivity, $\Delta\varepsilon = (\varepsilon_i - \varepsilon_j)$ is the emissivity difference, W (g.cm^{-2}), is the total amount of the atmospheric water vapor and finally, the split-window coefficients, from c_0 to c_6 are obtained by the MODTRAN 4.0 radiative code simulation [32].

The split-window algorithm is based on the difference in the brightness temperatures between the two TIR bands. The accuracy of the SW algorithm depends on the magnitude of the difference between the emissivities of the surface in the two bands [33], total atmospheric water vapor contents.

3. Simulations.

SW coefficients involved in equation (1) are calculated by least square method (minimization) from a complete simulated database. For this purpose, at-sensor brightness temperatures Ti and Tj are reproduced from the MODTRAN 4.0 expected at the TIR Channel i and j for 54 different atmospheric situations. The profiles of temperature for these situations were obtained from the radiosoundings extracted neatly from the TIROS Operational Vertical Sounder (TOVS) Initial Guess Retrieval (TIGR) database [34].

The calculations have been done for a large gradient of temperatures, consisting of five surface temperatures T-5, T, T+5, T+10, and T+20, (T is the first boundary layer temperature of the atmosphere) and five different view angles (0º, 10º, 20º, 30º and 40º).

SW coefficients were obtained from the minimization of 135000 data points by taking into account the five view angles, the five different LST values, the 54 atmospheric profiles with atmospheric water vapor at nadir and the 100 different emissivities of spectral responses of several types of surface extracted from the Advanced Spaceborne Thermal Emission Reflection Radiometer (ASTER) spectral library [35].

4. Sensitivity analysis.

In order to provide an estimation of the theoretical error on the LST, a sensitivity analysis has been used. On the basis of the error theory, the following equation has been considered:

$$\sigma_{LST} = \sqrt{\sigma_{alg}^2 + \sigma_{NE\Delta E}^2 + \sigma_{\varepsilon}^2 + \sigma_W^2} \quad (2)$$

where σ_{alg} is the standard deviation associated with the algorithm and $\sigma_{NE\Delta T}$, σ_{ε} and σ_W are the contribution to the total error due to the uncertainties for at-sensor temperatures, land surface emissivity and atmospheric water vapor, respectively, and they are given by

$$\sigma_{NE\Delta T} = \sqrt{\left(\frac{\partial Ts}{\partial T_i}\right)^2 e^2(T_i) + \left(\frac{\partial Ts}{\partial T_j}\right)^2 e^2(T_j)} \quad (3)$$

$$\sigma_{\varepsilon} = \sqrt{\left(\frac{\partial Ts}{\partial \varepsilon_i}\right)^2 e^2(\varepsilon_i) + \left(\frac{\partial Ts}{\partial \varepsilon_j}\right)^2 e^2(\varepsilon_j)} \quad (4)$$

$$\sigma_W = \left(\frac{\partial Ts}{\partial W}\right) e(w) \quad (5)$$

Assuming typical values for the different errors, $e(T_i) = e(T_j)$ = 0.05 K, $e(\varepsilon_i) = e(\varepsilon_j)$ = 1% K or $e(\varepsilon_i) = e(\varepsilon_j)$ = 0.005 K and $e(W)$ = 0.5 g.cm-2, and taking into account the different situations used in the simulation procedure.

5. Satellites total error analysis.

The results obtained for each sensor are summarized in Table III.14, which includes effective wavelengths for the two thermal bands considered in the SW algorithm, the SW coefficients ci (i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6), correlation coefficient (R), the contribution to the total error of the different terms (δalg, δNEΔT, δε, and δW), and the total error in LST (δLST).

Platform	λ_{ieff} (μm)	λ_{jeff} (μm)	c_0 (K)	c_1	c_2 (K^{-1})	c_3 (K)	c_4 (K .cm^2.g^{-1})	c_5 (K)	c_6 (K .cm^2.g^{-1})	R	δ_{alg} (K)	$\delta_{NE\Delta T}$ (K)	δ_ε (e(ε)=1%)	δ_ε (e(ε)=0.5%)	δ_W (K)	δ_{LST} (e(ε)=1%)	δ_{LST} (e(ε)=0.5%)
TERRA MODIS	10.79	11.94	0.27	1.49	0.29	58.30	-1.05	-105.52	6.23	0.96	1.04	0.25	1.36	0.68	0.03	1.73	1.27
AQUA MODIS	10.78	11.99	0.23	1.20	0.24	59.50	-1.34	-90.60	4.34	0.95	1.05	0.21	1.21	0.61	0.04	1.62	1.23
ENVISAT AATSR	10.85	12.04	0.24	1.12	-0.30	61.00	-1.02	-90.02	3.89	0.92	1.08	0.21	1.21	0.61	0.02	1.63	1.25
MSG 1 SEVERI	10.79	11.94	0.29	1.52	0.36	58.20	-0.49	-111.36	6.82	0.95	1.05	0.26	1.40	0.70	0.02	1.77	1.29
MSG 2 SEVERI	10.78	11.99	0.24	1.24	0.30	59.40	-0.76	-96.36	5.01	0.94	1.06	0.22	1.26	0.63	0.02	1.66	1.25
NOAA 7	10.79	11.90	0.29	1.65	-0.03	58.00	-0.32	-118.00	7.73	0.95	1.05	0.27	1.46	0.73	0.02	1.82	1.31
NOAA 9	10.77	11.85	0.28	1.95	0.07	56.80	0.13	-141.00	11.83	0.96	1.04	0.31	1.64	0.82	0.04	1.97	1.36
NOAA 11	10.79	11.89	0.27	1.88	0.02	57.20	0.07	-132.00	10.31	0.96	1.04	0.29	1.57	0.79	0.03	1.91	1.34
NOAA 12	10.86	11.95	0.31	1.62	0.03	57.10	-0.08	-135.00	12.12	0.94	1.06	0.28	1.56	0.78	0.06	1.91	1.35
NOAA 14	10.81	11.98	0.26	1.45	0.00	58.10	-0.33	-115.00	8.54	0.94	1.06	0.25	1.39	0.70	0.03	1.77	1.29
NOAA 15	10.82	11.93	0.30	1.68	-0.03	57.40	-0.14	-126.00	9.57	0.95	1.05	0.28	1.51	0.76	0.03	1.86	1.33
NOAA 16	10.91	11.98	0.31	1.40	-0.17	57.50	-0.18	-150.00	16.13	0.93	1.07	0.26	1.63	0.82	0.11	1.97	1.38
NOAA 17	10.80	11.93	0.29	1.63	-0.02	57.80	-0.23	-121.00	8.59	0.95	1.05	0.27	1.46	0.73	0.03	1.82	1.31
NOAA 18	10.80	12.02	0.23	1.25	-0.15	58.80	-0.49	-107.00	7.85	0.94	1.07	0.22	1.32	0.66	0.03	1.71	1.28
NOAA 19	10.79	12.05	0.22	1.09	-0.19	59.40	-0.67	-100.00	6.92	0.93	1.07	0.21	1.25	0.63	0.03	1.66	1.25

Table 1. Split-Window (SW) coefficients (c_0 to c_6) for the most popular remote-sensing satellites. The effective wavelengths λ_{ieff} (μm) and λ_{jeff} (μm) for the SW TIR Channel i and j. Correlation coefficient (R). The sensitivity analysis: Error due to the minimization (δ_{alg}). Error due to the noise equivalent delta temperature ($\delta_{NE\Delta T}$). Error due to the uncertainty of the surface emissivity (δ_ε) . Error due to the uncertainty of the atmospheric water vapor content (δ_w) and total error in the land surface temperature (δ_{LST}) considered the typical values of emissivity errors $e(\varepsilon_i)$=$e(\varepsilon_j)$= 1 % or $e(\varepsilon_i)$=$e(\varepsilon_j)$= 0.5%

Before the presentation of some validation results, we can say that the validity of the mathematical structure of the SW algorithm and the reliability of the SW coefficients presented in Table 1 are ensured by the results obtained for the standard error of the algorithm (δ_{alg}). Hence, δ_{alg} values range between 1.04 and 1.08 K, due to the change of the band located near at 11 μm by the band located near at 12 μm, which implies that the LST retrievals from these two sensors will not be as accurate as it was with their predecessors neither with the other sensors.

Table 1 shows a detailed analysis of total errors on LST (δ_{LST}), in function of remote-sensing satellites, a variation between 1.25 K and 1.38 K (amplitude of 0.13 K) considering $e(\varepsilon_i) = e(\varepsilon_j) = 0.5$ % and between 1.66 K and 1.97 K (amplitude of 0.31 K) considering $e(\varepsilon_i) = e(\varepsilon_j) = 1$ %.

In terms of the different contributions to δ_{LST}, it is clearly shown that the main contribution is due to the ε uncertainty, with $\delta\varepsilon$ values ranging between 1.21 and 1.64 K. Also occurs with $\delta_{NE\Delta T}$ values, which range between 0.21 and 0.28 K. The minimum contribution to the total error is due to the uncertainty on W, δ_W, typically below 0.1 K.

The SW algorithm presented in Table 1, provides an operative methodology to retrieve LST from different low-resolution sensors with two TIR bands located in an atmospheric window, typically between 10 and 12 μm. The SW coefficients calculated for most used TIR sensors provide a kind of lookup table useful for scientists interested on LST retrievals at global scale. We promote these users to apply the algorithm and the coefficients presented here and report the results achieved in the validation.

6. Conclusions.

The SW algorithm presented in this paper provides an operative methodology to retrieve LST from some different low-resolution sensors with two TIR bands located in an atmospheric window, typically between 10 and 12 μm. The SW coefficients calculated for different low-resolution sensors used TIR sensors provide a lookup table that can be used for LST retrievals. We support the users to apply the algorithm and the coefficients presented.

Acknowledgements

This work was supported in part by the Morocco Ministry for Higher Education, Management Training and Scientific Research under CSPT Grants for “Integration and application of GIS and GPS on mobile systems” and “Ad-hoc wireless sensor networks for remote sensing algorithm validation” projects.

References

[1] H. Mannstein, “Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia”, Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology, 1987, (pp. 391-410).

[2] P. J. Sellers, F. G. Hall, G. Asrar, D. E. Strebel, and R. E. Murrphy, “The first ISLSCP field experiment (FIFE)”, Bulletin of the American Meteorological Society, 1988, (pp. 22-27).

[3] G. R. Diak and M. S. Whipple, "Improvements to models and methods for evaluating the land-surface energy balance and effective roughness using radiosonde reports and satellite-measured

skin temperature data," Agriculture and Forest Meteorology, vol. 63, no. 3-4, 1993, (pp. 189-218).

[4] A. Olioso, H. Chauki, D. Couraul, and J. P, Wigneron, "Estimation of evapotranspiration and photosynthesis by assimilation of remote sensing data into SVAT models", Remote Sensing of Environment, 1999, (pp. 341-356).

[5] V. V. Serafini, "Estimation of the evapotranspiration using surface and satellite data", International Journal of Remote Sensing, 1987, (pp. 1547-1562).

[6] N. Bussieres, P. Y. T. Louie, and W. Hogg, Progress Report on the Implementation of an Algorithm to Estimate Regional Evapotranspiration Using Satellite Data," Applications of remote sensing in hydrology, Saskaton Saskatchewan, (1990).

[7] L. Zhang, R. Lemeur, and J. P. Gouthorbe, "A one-layer resistance model for estimating regional evapotranspiration using remote sensing data", Agriculture and Forest Meteorology, 1995, (pp. 241-261).

[8] A. Chehbouni, D. Lo Seen, E. G. joku, and B. A. onteny, "Examination of the difference between radiative and aerodynamic surface temperatures over sparsely vegetated surfaces", Remote Sensing of Environment, 1996, (pp. 177-186).

[9] A. Chehbouni, E. G. Njoku, J. P. Lhomme, and Y. H. Kerr, "An approach for Averaging Surface Temperature and Surface Fluxes over Heterogeneous Terrain",Journal of Climate 1995, (pp. 1386-1393).

[10] T. J. Schmugge, "Remote sensing of surface soil moisture", Journal of Applied Meteorology, 1978, (pp. 1549-1557).

[11] J. C. Price, "The potential of Remotely Sensed Thermal Infrared data to Infer Surface Soil Moisture and Evaporation", Water Resources, 1990, (pp. 787-795).

[12] S. Ahmad, A. Kalra, and H. Stephen, "Estimating soil moisture using remote sensing data: A machine learning approach", Advances in Water Resources, 2010, (pp. 69-80).

[13] M. T. Schnur, H. Xie, and X. Wang, Estimating root zone soil moisture at distant sites using MODIS NDVI and EVI in a semi-arid region of southwestern USA, Ecological Informatics, (2010).

[14] T. J. Schmugge and J. C. André, Land Surface Evaporation: Measurements and Parameterization, New York: Springer-Verlag, (1991).

[15] S. W. Running, C. Justice, V. Salomonson, D. Hall, J. Barker, Y. Kaufman, A. Strahler, A. Huete, J.-P. Muller, V. Vanderbilt, Z. Wan, and P. eillet, "Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for EOS/MODIS", International Journal of Remote Sensing, 1994, (pp. 3587-3620).

[16] M. J. Leblanc, G. Favreau, S. Massuel, S. O. Tweed, M. Loireau, and B. Cappelaere, "Land clearance and hydrological change in the Sahel: SW Niger", Global and Planetary Change, 2008, (pp. 135-150).

[17] Z. Li, W. z. Liu, X. c. Zhang, and F. l. Zheng, "Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China", Journal of Hydrology, 2009, (pp. 35-42).

[18] R. R. Nemani and S. W. Running, "Estimation of regional surface resistance to evapotranspiration from NDVI and thermal-IR AVHRR Data", Journal of Applied Meteorology, vol. 28, 1989, (pp. 276-284).

[19] E. F. Lambin and D. Ehrlich, "The surface temperature-vegetation index space for land cover and land-cover change analysis", International Journal of Remote Sensing, 1996, (pp. 463-487).

[20] J. C. Price, "Land surface temperature measurements from the split window channels of the NOAA 7 advanced very high-resolution radiometer", Journal of Geophysical Research, 1984, (pp. 7231-7237).

[21] C. Ottlé and M. P. Stoll, "Effect of atmospheric absorption and surface emissivity on the determination of land temperature from infrared satellite data", International Journal of Remote Sensing, 1993, (pp. 2025-2037).

[22] H. Rahman and G. Dedieu, "SMAC : A simplified method for the atmospheric correction of satellite measurements in the solar spectrum", International Journal of Remote Sensing, 1994, (pp. 123-143).

[23] E. Vermote, J. L. D.Tanré, M. Deuzé, and J. J. Herman, "Morcrette, Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: An overview", IEEE, Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1997, (pp. 675-686).

[24] J. A. Sobrino, Z.-L. Li, M. P. Stoll, and F. Becker, "Improvement in the split window technique for land surface temperature determination", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 1994, (pp. 243-253).

[25] F. Becker and Z.-L. Li, "Surface Temperature and Emissivity at Various Scales: Definition, Measurements and Related Problems", Remote Sensing Reviews, 1995, (pp. 225-253).

[26] J. A. Sobrino, Z.-L. Li, M. P. Stoll, and F. Becker, "Multi-channel and multi-angle algorithms for estimating sea and land surface temperature with ATSR data", International Journal of Remote Sensing, 1996, (pp. 2089-2114).

[27] A. J. Prata, "Land surface temperatures derived from the AVHRR and ATSR : 1 Theory", Journal of Geophysical Research, 1993, (pp. 689-702).

[28] F. Becker and Z.-L. Li, "Temperature independent spectral indices in thermal infrared bands", Remote Sensing of Environment, 1990, (pp. 17-33).

[29] J. A. Sobrino, J.-C. Jiménez-Muñoz, J. El-Kharraz, M. Gómez, M. Romaguera, and G. Sòria, "Single-channel and two-channel methods for land surface temperature retrieval from DAIS data and its application to the Barrax test site", International Journal of Remote Sensing, 2004, (pp. 215-230).

[30] P. Y. Deschamps and T. Phulpin, "Atmospheric correction of infrared measurements of sea surface temperatures using channels 3.7, 11 and 12mm. Boundary layer Meteor", Boundary-Layer Met, 1980, (pp. 131-143).

[31] J. A. Sobrino, C. Coll, and V. Caselles, "Atmospheric correction for land surface temperature using NOAA-11 AVHRR channels 4 and 5", Remote Sensing of Environment, 1991, (pp. 19-34).

[32] A. Berk, G. P. Anderson, P. K. Acharya, J. H. Chetwynd, L. S. Bernstein, E. P. Shettle, M. W. Matthew, and S. M. Adler-Golden, MODTRAN 4 user's manual, MA: Air Force Research Laboratory, Space Vehicles Directorate, Air Force Materiel Command, Hascom AFB, (1999).

[33] J. A. Sobrino, N. Raissouni, and Z.-L. Li, "A comparative study of land surface emissivity retrieval from NOAA data," Remote Sensing of Environment, 2001, (pp. 256-266

[34] N. A. Scott and A. Chedin, "A fast line by line method for atmospheric absorption computations: The authomatized atmospheric absorption atlas", Journal of Meteorology, 1981, (pp. 802-812).

[35] S. J. Hook, "The ASTER Spectral Library, Pasadena, CA: Jet Propulsion Lab., [Online], vol. Available at http://speclib.jpl.nasa.gov/, (1999).

VLCD Satellite Image Processing Technique: Application to the Mediterranean Basin PAL data

N. Raissouni, M. Lahraoua, A. Chahboun, N. Ben Achhab, A. Azyat, S. E. Adib, O. Chakor and O. Aghzout

Innovation & Telecoms Engineering Research Group.
National School for Applied Sciences of Tetuan. University Abdelmalek Essaadi, Tetuan, Morocco.
Email: nraissouni@uae.ma

Abstract. In the present paper, a land-cover dynamic monitoring method combining both the information in the Visible/Near-InfraRed (V/NIR) bands in terms of Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and in the Thermal-InfraRed (TIR) bands in terms of Land Surface Temperature (LST) is presented. The method based on image processing techniques for satellite images processing called *Vector of Land Cover Dynamic* (VLCD), analyses the space-temporal evolution of LST and NDVI for the optimum months of April and July. This permits: i) characterizing the temporal trajectories, and ii) the separation and the distribution of the different zones according to the evolution of the vegetative systems. Finally, a multi-temporal analysis and a pixel by pixel cartography algorithm applying the VLCD method to the Pathfinder AVHRR Land (PAL) data has been carried out to map and monitor changes in the biophysical characteristics of land cover images. The PAL data covers a period from July 1981 throughout the present. The Mediterranean basin was selected as the area of study due to its high environmental diversity.

Keywords: Satellite image processing, VLCD, Multi-temporal analysis, PAL.

1. Introducción.

Recently, we have developed two methods for the land cover dynamic monitoring in arid zones using satellite data: i) Method of the Area of the Triangle (MAT), and ii) the slope method [1]. The MAT method is based on the form described by the annual evolution of Land Surface Temperature (LST) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the slope method analyses the slope of the line defined by the months of the maximum NDVI and the minimum LST. In this paper we present a method named Vector of Land Cover Dynamic (VLCD) developed for the multi-temporal monitoring in the whole of the Mediterranean Basin.

2. VLCD image processing technique.

A split-window algorithm [1][2] with an error of estimation of 1.3 K have been applied in order to obtain accurate estimation of LST,

$$LST = T_4 + 1.4\,(T_4-T_5) + 0.32\,(T_4-T_5)^2 + 0.83 + (57 - 5W)\,(1 - \varepsilon) - (161 - 30W)\,\Delta\varepsilon \qquad (1)$$

where T_4 and T_5 are the brightness temperatures measured in Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) Channels 4 and 5 respectively, ε is the average effective emissivity in both

channels, Δε is the spectral variation of emissivity and W is the total amount of atmospheric water vapor (g cm^{-2}) obtained applying the Split-Window Covariance-Variance Ratio (SWCVR) method [2][3]. To obtain ε we have applied the NDVI Threshold Method ($NDVI^{THM}$) [1][2].

2.1. Study area and Satellite data.

The study area is the Mediterranean Basin, located between 23.75º N and 46.25º N latitude and between 36.25º E and 17.5º W longitude. The Pathfinder AVHRR Land (PAL) has been used to monitor this area. NOAA and NASA are the sponsors of the PAL project responsible of producing a set of global data calibrated and processed regularly for the investigation on climatic change. Approximately 20 years of global AVHRR data are now available. The AVHRR data used are the Global Area Coverage GAC [4] with a resolution at nadir view of 4 Km. In this paper we have used the images from July 1981 through August 1994.

The different zones of interest were defined using as mapping criterion the image of the Total Average of NDVI (TANDVI) for the whole period (see Fig. 1). Following this procedure we defined a total of six zones (Table 1).

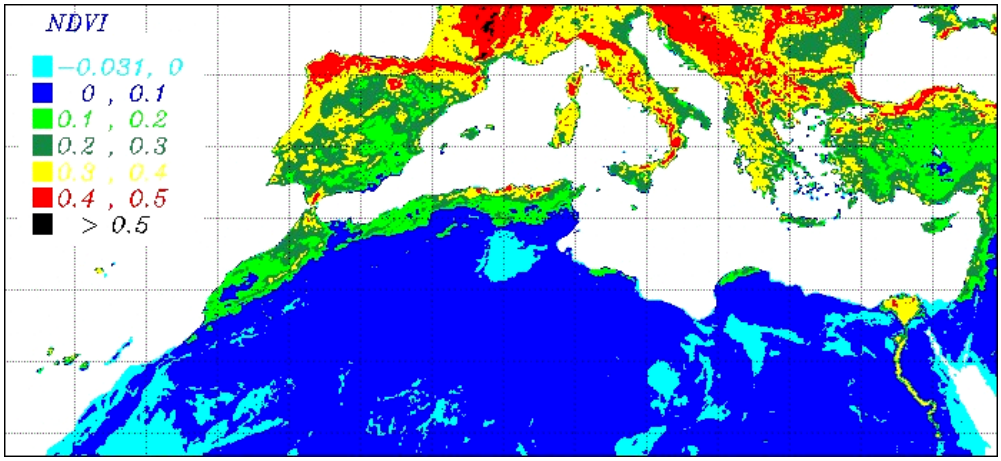


Fig. 1 Image of the Total Average of NDVI (TANDVI).

TANDVI	Characteristics	Name
< 0	Deserts. Limited opportunities for the development of the human activities.	zone 1
0 -0.1	Zones of desert influence in Africa, desert zones in Spain and center Turkey.	zone 2
0.1 -0.2	Dry lands. Low precipitation. High temperatures. Low level of water retention. Sensitive to the effects of the climatic change and the loss of the biodiversity.	zone 3
0.2 -0.3	Low precipitation. Able to sustain vegetation. Sensitive to the effects of the climatic change and the loss of the biodiversity.	zone 4
0.3 -0.4	Medium precipitation. Area of vegetation.	zone 5
> 0.4	Areas of abundant vegetation. High mountains. High precipitation.	zone 6

Table 1. Zones of the study area and their main characteristics.

3. Application and results.

Our objective is to analyze the evolution of both parameters (NDVI and LST) conjointly to the aim of obtaining more information. With this end, we defined the method of the *Vector of Land Cover*

Dynamic Monitoring method (VLCD) in Fig. 4. This figure shows the LST on the *y* axis and NDVI(x100) on the *x* axis. The definition of the module and the arctangent of the VLCD are given in the figure. Both parameters introduce thermal amplitude and NDVI amplitude corresponding to the months of April and July.

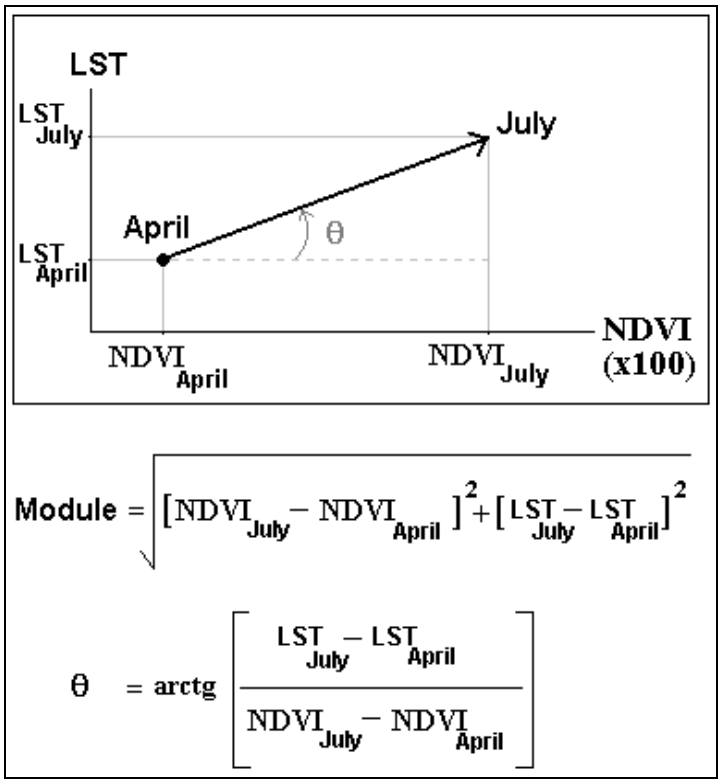


Fig. 4 Definition of the VLCD.

Figure 5 represents for each zone and for the whole period (13 years), the module and the arctangent of the corresponding VLCD. The zones are well separated and distributed in three regions: ***vegetation*** (zones 5 and 6, arctangent<70º), ***semi-arid*** (zones 3 and 4, arctangent>70º and module>12.5), and finally ***arid*** (zones 1 and 2, arctangent>70º and module>12.5).

The VLCD method has the advantage of characterizing the temporal trajectories and the separation of the different zones according to the evolution of the vegetative systems. Figure 5 permits defining four evolution trajectories: AB, showing the evolution of zones 1 and 2 in the arid region; BC and CD, the evolution of zones 3 and 4 in the semi-arid region; and finally DE, showing the evolution of zones 5 and 6 in the vegetation region. An evolution throughout AB, CD and DE with a convergence toward the point B, D and E respectively, would mean a positive evolution of the zone. The case defined by the path BC, would correspond to an evolution from arid to semi-arid zone. Otherwise, due to different causes i.e.; drought, desertification, forest fires, climatic changes, etc. the evolution would correspond logically to a negative evolution of the zones. An application to our case has shown that the positive evolution (P_E) for zone 1 was during 1982 and the negative evolution (N_E) was during 1982 and 1988. For zone 2, P_E was during 1990 and 1992 and N_E was during 1993. For zone 3, P_E was during 1983 and 1993 and N_E was during 1994. For zone 4, P_E was during 1984, 1992 and 1993 and N_E was during

1994. For zone 5, P_E was during 1984, 1992 and 1993 and N_E was during 1982, 1989 and 1994. Finally, for zone 6, P_E was during 1984, 1990, 1991, 1992 and 1993 and N_E was during 1982.

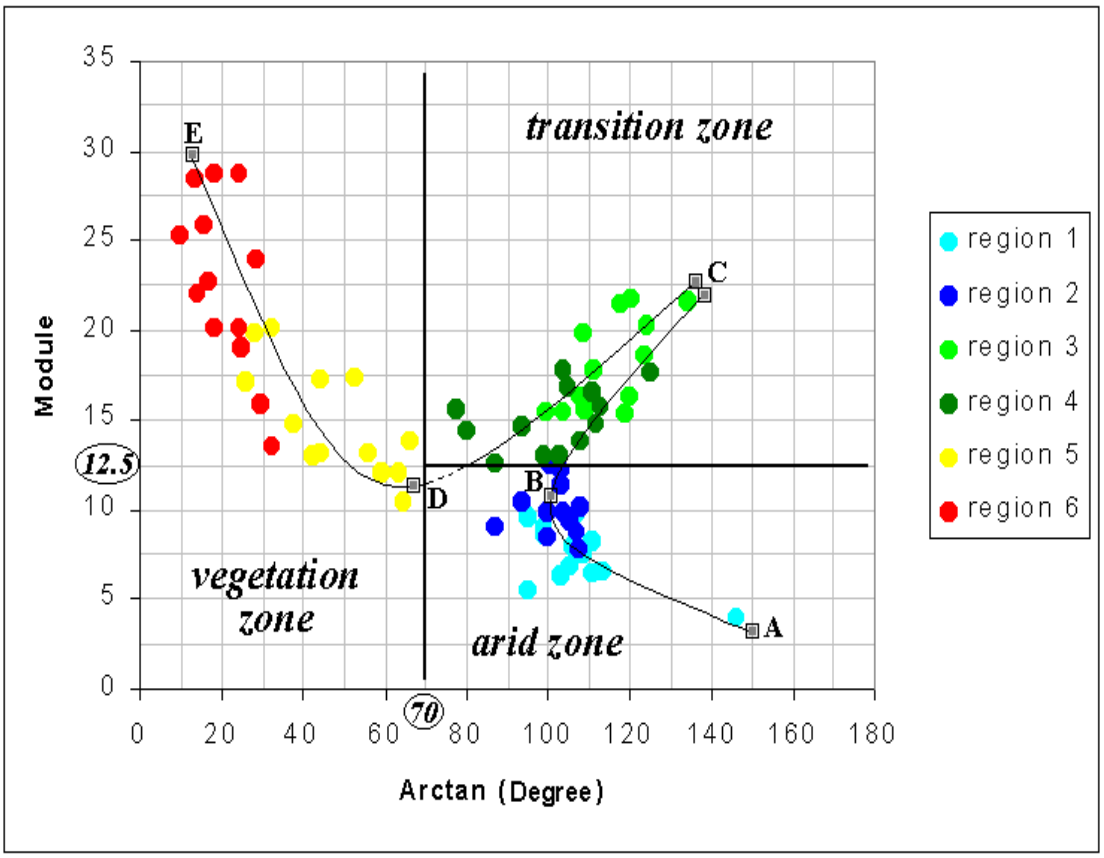


Fig. 5 Representation of the VLCD for the area of study.

4. Conclusions.

A method based on image processing techniques for the multi-temporal satellite images processing analysis called *Vector of Land Cover Dynamic* (VLCD) was presented. This method analyses the evolution of the slope and the module of the line which extremities are defined by LST and NDVI in April and July.

Acknowledgements.

The data used by the authors in this study include data produced through funding from the Earth Observing System Pathfinder Program of NASA's Mission to Planet Earth in cooperation with NOAA.

References.

[1] J. A. Sobrino, N. Raissouni, Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring. Application to Morocco, 2000, IJRS, vol. 21, 2, 353-366.

[2] N. Raissouni, A Multi-Temporal analysis of NOAA-Pathfinder Land for the study of the Land cover dynamic: Application to the Mediterranean Basin, Ph.D Thesis, 1999, pp. 230. Faculty of Physics, University of Valencia.

[3] J. A. Sobrino, N. Raissouni, J. Simarro, F. Nerry, F. Petitcolin, Atmospheric Water vapor content over land surfaces derived from The AVHRR Data. Application to the Iberian Peninsula, 1999, IEEE, Trans Geo Remote Sens, 37, 1425-1434.

[4] J. R. Townshend, Global data sets for land applications from the Advanced Very Hight Resolution Radiometer, 1994, IJRS, 15, 3319-3332.

L'analyse comportementale des apprenants sur une plateforme d'apprentissage en ligne

Ismail El Haddioui et Mohamed Khaldi

Laboratoire d'informatique, recherche opérationnelle et statistique appliquée
Faculté des sciences de Tétouan, Université Abdelmalek Essaadi, Maroc
ismail.elhaddioui@gmail.com, medkhaldi@yahoo.fr

Résumé. Le travail présenté dans cet article introduit l'étude du comportement des apprenants sur une plateforme d'apprentissage en ligne afin d'élaborer des profils qui regroupent les apprenants en fonction de leurs comportements sur la plateforme. Ce système peut être utilisé dans le modèle de l'apprenant d'un système tutoriel intelligent (ITS). Ainsi, ce système nous permettra de mieux connaître l'apprenant dans un environnement virtuel de formation afin d'améliorer la situation l'apprentissage en plaçant l'apprenant au centre du processus de formation.

Mots-clés: E-Learning, système tutoriel intelligent, profil de l'apprenant, comportement de l'apprenant.

1. Introduction.

Il est clair que l'interaction humaine d'une salle de classe ne peut trouver son équivalent dans la situation particulière d'un utilisateur face à une machine. C'est d'abord la relation aux autres et à la discipline qui est modifiée. La relation Maître-Discipline-Élève s'efface au profit d'une relation Maître-Discipline-Média-Élève.

C'est pour cela, et afin de garder l'interaction dans un environnement virtuel de formation, l'élève ne doit pas être un enseigné mais un apprenant. La différence entre les deux c'est que l'enseigné est quelqu'un passif, c'est juste un récepteur d'informations. Pourtant l'apprenant est un individu social et actif, c'est un acteur dans son propre apprentissage. Ce dernier laisse - grâce à son utilisation des outils pédagogiques de la plateforme et la réalisation des travaux collectifs (collaboratifs et coopératifs) - un ensemble des traces sur la plateforme.

Notre objectif est de créer un système d'analyse comportementale des apprenants, capable d'utiliser ces traces pour créer des profils qui regroupe les apprenants similaires de côté comportementale afin de faciliter la création des assistances pédagogiques dans un système tutoriel intelligent.

2. Système tutoriel intelligent

Un système tutoriel intelligent (ITS) a pour principe la personnalisation dans la formation. L'idée est d'introduire un système qui prête attention aux besoins spécifiques de l'apprenant, évalue et diagnostique ses problèmes, et fournit l'aide nécessaire.

Un ITS est composé principalement de quatre modèles [6] :

- Le modèle du domaine : représentant la connaissance de l'expert sur le domaine ;
- Le modèle de l'apprenant : permettant d'établir l'état de ses connaissances à un instant donnée ;
- Le modèle pédagogique : permettant d'effectuer des choix d'enseignement selon le comportement et le modèle de l'apprenant ;
- Le modèle d'interface : permettant l'échange d'informations entre le système et l'utilisateur.

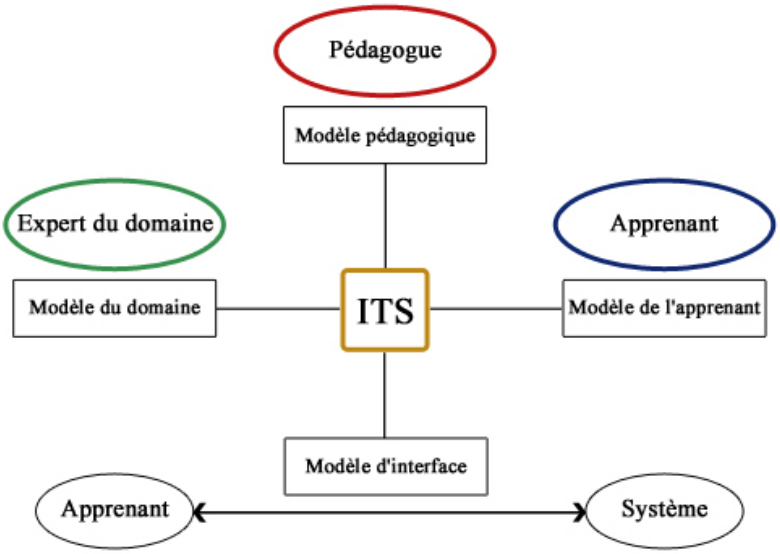


Figure 1. Les quatre modèles d'un ITS

3. Utilisation d'un système d'analyse comportementale dans un ITS

Dans un ITS classique, l'agent pédagogique crée des assistances pédagogiques pour les apprenants en fonction de leurs réponses aux tests (une modalité d'évaluation). Notre système d'analyse comportementale sera utilisé par le modèle de l'apprenant d'un ITS, il s'intéresse seulement au comportement des apprenants pour aider l'agent pédagogique à créer des assistances pédagogiques plus précises pour tous les apprenants même ceux qui n'ont pas passé les tests.

Self [12] précise que le modèle de l'apprenant doit permettre de répondre à quatre types de questions :

- Que peut faire l'apprenant ?
- Que sait l'apprenant ?
- Quel type d'apprenant est-il ?

- Qu'a déjà fait l'apprenant ?
Les systèmes tutoriels intelligents les plus connus utilisent trois méthodes de base pour répondre à ces questions et construire par la suite un modèle de l'apprenant [11] :

1) À partir d'un ensemble de règles représentatives du comportement de l'apprenant ;
2) À partir d'une représentation des erreurs qui peuvent être commises par l'apprenant, c'est-à-dire à partir d'un catalogue d'erreurs ;
3) À partir de l'observation directe du comportement de l'apprenant.
Notre système d'analyse comportementale va contenir des profils de base. Il s'occupe régulièrement de choisir le profil convenable pour chaque apprenant de la formation. L'agent pédagogique de l'ITS n'a que choisir une assistance pédagogique pour chaque profil indépendamment des apprenants présents sur la plateforme.

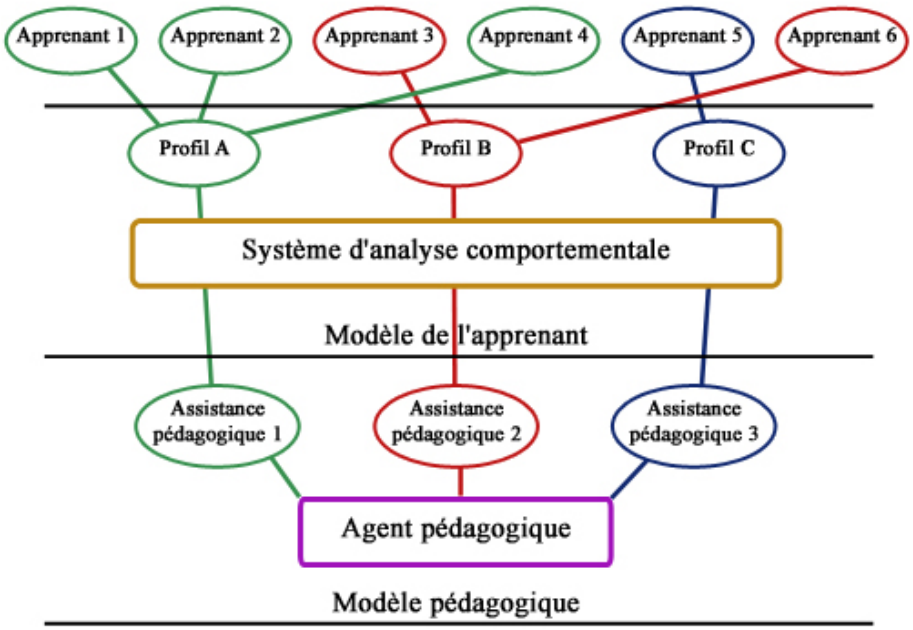


Figure 2. Fonctionnement du système d'analyse comportementale dans un ITS

4. Données du système d'analyse comportementale

Le système d'analyse comportementale des apprenants va être intégré dans une plateforme d'apprentissage en ligne, ce système utilisera comme données les informations de l'apprenant extraites de la plateforme, ainsi que les informations sur la machine de l'apprenant extraites du serveur web sur lequel la plateforme a été installée.

4.1. Données extraites du serveur web

Le serveur web contient des variables d'environnement qui offrent un ensemble des informations sur la machine du client (L'apprenant), voici quelques unes :

Variable d'environnement	Valeur	Description
HTTP_USER_AGENT	Mozilla/5.0 (Windows; U; Windows NT 5.1; fr; rv:1.9.2.12) Gecko/20101026 Firefox/3.6.12	Le navigateur et le système d'exploitation du client
REMOTE_ADDR	81.192.199.13	L'adresse IP du client (permet de connaître le pays de l'apprenant dans une formation ouverte par exemple)
REMOTE_PORT	7653	Le port du client sur lequel la requête HTTP a été envoyée au serveur
SCRIPT_NAME	/formation/consulter.php	Le nom de la page PHP courante
REQUEST_URI	/formation/consulter.php?cours=1&chapitre=3	L'adresse complète de la page PHP courante
QUERY_STRING	cours=1&chapitre=3	Les variables envoyées à la page par la méthode GET
HTTP_REFERER	http://www.site.fr/formation/afficher.php?action=lire	La page qui a conduit le client à la page courante
REQUEST_METHOD	GET	La méthode de la requête HTTP envoyée au serveur (GET, POST, PUT ou HEAD)
REQUEST_TIME	1290517719	L'heure d'exécution de la requête en timestamp

Table 1. Variables d'environnement d'un serveur web

4.2. Données extraites de la plateforme d'apprentissage en ligne

Les systèmes de gestion de l'apprentissage (LMS) offrent plusieurs détails sur l'apprenant et des statistiques sur l'utilisation des outils pédagogiques de la plateforme pour chaque apprenant.

Les informations des apprenants qu'on peut tirer d'une plateforme d'apprentissage en ligne sont nombreuses :

- Les information personnelles de l'apprenant : l'âge, le sexe, le pays…
- Les statistiques des réponses aux questions d'auto-évaluation.
- Des informations comportementales :
  - Le nombre d'accès à la plateforme ;
  - La période d'accès (le matin, l'après-midi ou le soir) ;
  - La durée moyenne de visite de la plateforme ;
  - Le nombre de visite de chaque page ;
  - La durée de visite de chaque page ;
  - La page qui a conduit l'apprenant à la page courante ;
  - Le nombre des messages postés sur le forum…

On a déjà commencé le développement d'un système de gestion de l'apprentissage qui s'appelle Manhali, ce système va intégrer le système d'analyse comportementale pour lui offrir un ensemble des données et des statistiques sur les apprenants.

4.3. Le système de gestion de l'apprentissage Manhali

Manhali (http://www.manhali.com) est un système de gestion de l'apprentissage Open Source sous la licence GNU-GPL v3, créé en PHP et utilise le SGBD MySQL. Manhali est installable et multilingue.

Le projet a commencé au début de 2009 comme un système de gestion de tutoriels, utile pour créer des sites web éducatifs simples "How-to Websites", la première version publiée a été 0.8.27 Bêta en Août 2009.

Manhali est arrivé actuellement à la version 1.1.2 RC, cette version peut gérer la formation par plusieurs fonctionnalités : statistiques, gestion des messages, gestion des utilisateurs, gestion des cours, gestion des articles, gestion des fichiers, configuration du système, gestion du sondage, gestion du menu, gestion de la page d'accueil et gestion des composants.

Le modèle de conception utilisé pour Manhali est la modélisation visuelle réalisée par le langage UML (Unified Modeling Language). L'environnement Manhali propose un ensemble des fonctionnalités pour les utilisateurs du système comme le montre le diagramme de cas d'utilisation suivant :

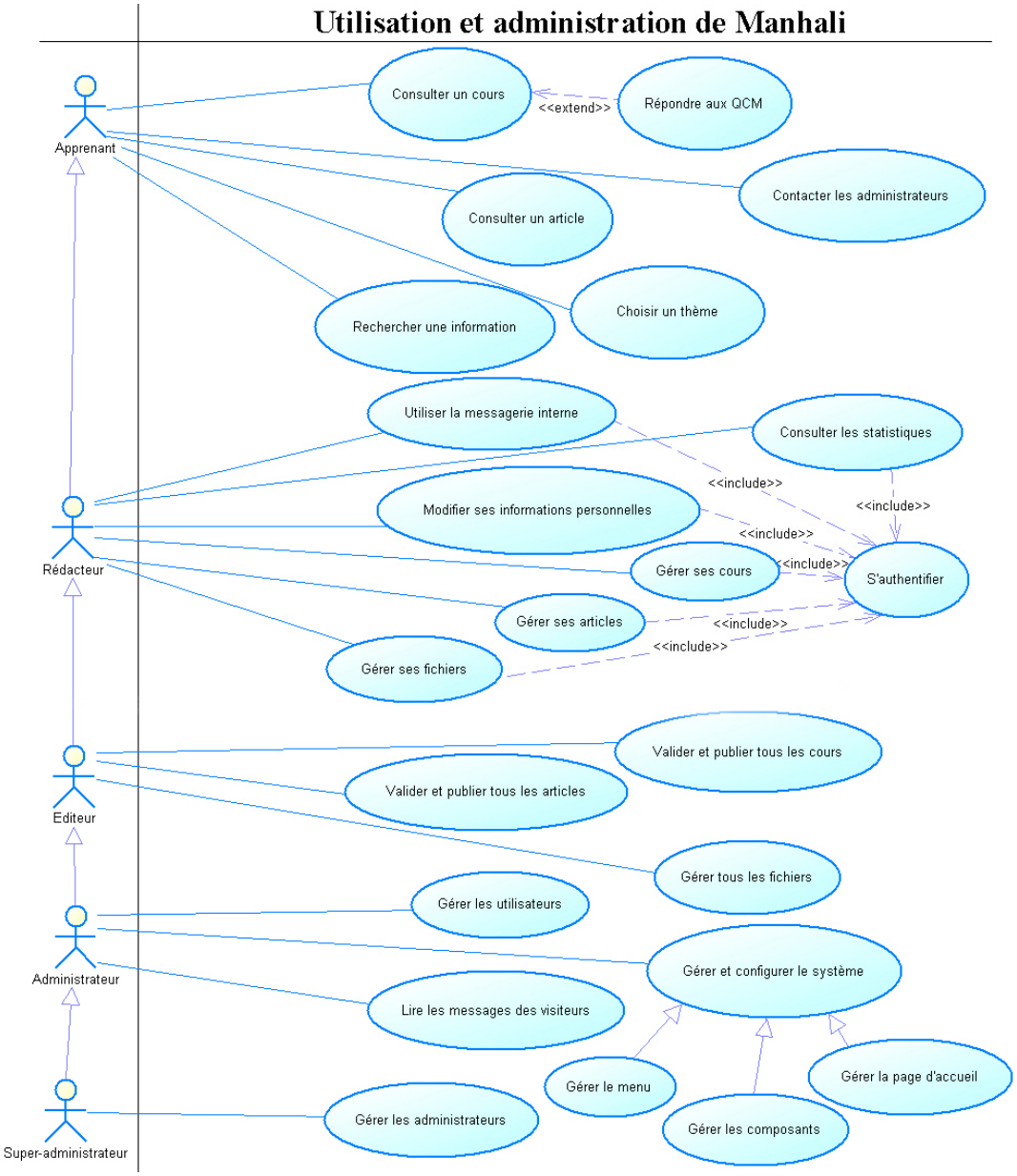


Figure 3. Diagramme de cas d'utilisation de Manhali

Les cours rédigés sur Manhali sont divisés sur des parties, chaque partie contient des chapitres, et chaque chapitre contient plusieurs blocs et une auto-évaluation à la fin.

Le contenu de chaque bloc peut varier entre du texte, des images, des animations Flash, des pistes audio ou vidéo.

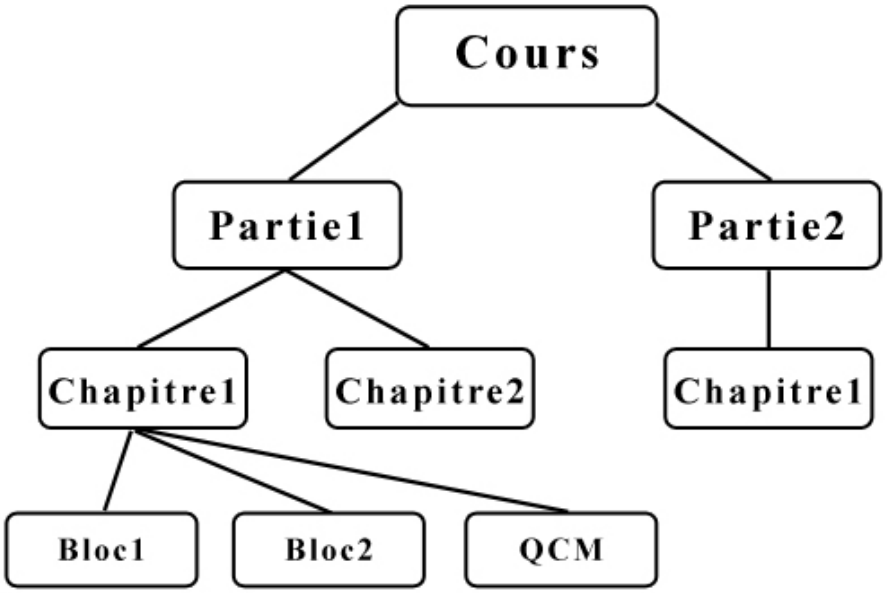


Figure 4. Représentation d'un cours sous Manhali

Le scénario pédagogique adopté est représenté par le diagramme de collaboration suivant :

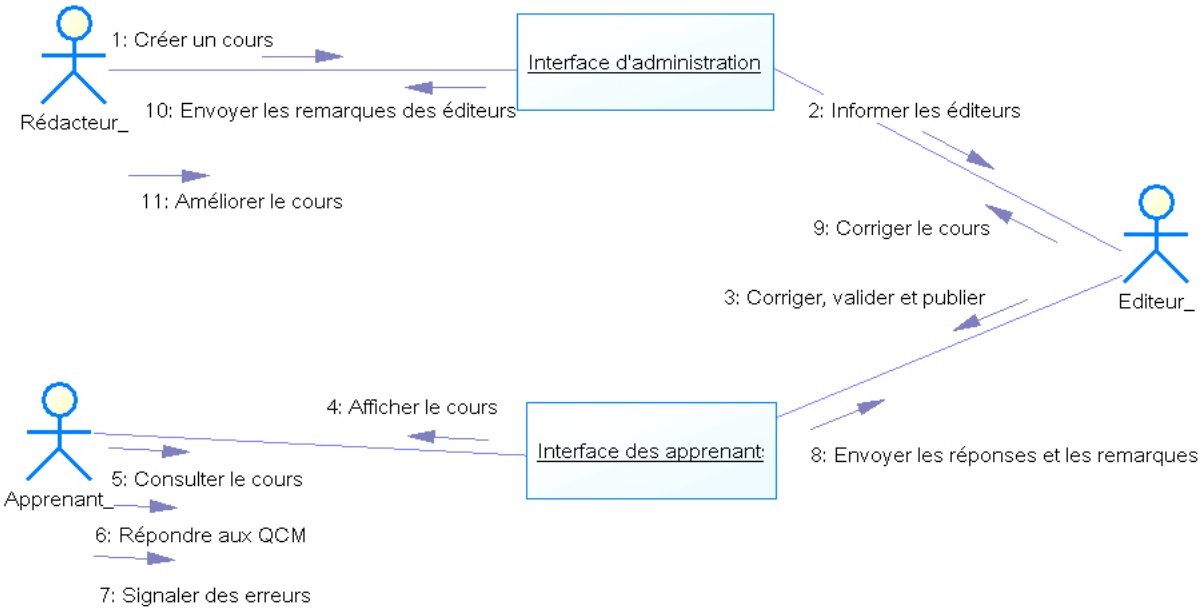


Figure 5. Diagramme de collaboration de Manhali

5. Bilan.

Nous avons présenté dans cet article l'objectif de la création d'un système d'analyse comportementale des apprenants. On a parlé des types des informations qui peuvent être utiles dans cette étude et les ressources utilisées par le système.

Nous avons introduit le principe et le fonctionnement d'un système tutoriel intelligent, et aussi l'utilisation de notre système d'analyse comportementale dans le modèle de l'apprenant d'un ITS classique, ainsi que l'interaction entre le modèle de l'apprenant et le modèle pédagogique d'un ITS.

L'étape suivante consistera à déterminer les données utilisées par notre système et l'intégration d'un système d'exploration des données (Data mining) qui servira à extraire et organiser ces informations afin qu'elles seront prêtes pour une analyse psychique et pédagogique.

Références:

[1] Mofreh A. Hogo. (2010). "Evaluation of E-Learners Behaviour using Different Fuzzy Clustering Models: A Comparative Study". International Journal of Computer Science and Information Security, Vol. 7, No. 2.

[2] C. Buche, R. Querrec, P. De Loor, P. Chevaillier & J. Tisseau. (2009). "PEGASE : un système tutoriel intelligent générique et adaptatif en environnement virtuel". RSTI – TSI, Vol. 28, No. 8/2009, p. 1051-1076.

[3] Samy S. Abu Naser. (2008). "Developing an Intelligent Tutoring System For Students Learning To Program in C++". Information Technology Journal 7(7), p. 1055-1060.

[4] Komi Sodoké, Gilles Raîche & Roger Nkambou. (2007). "La plateforme d'évaluation adaptative des apprentissages: PersonFit".

[5] Faouzia Benabbou & Mostafa Hanoune. (2006). "Utilisation des exemples et de la démonstration dans l'Apprentissage de l'Algorithmique".

[6] Cédric Buche, Pierre De Loor & Ronan Querrec. (2005). "Système tutoriel intelligent pour l'apprentissage de travail procédural et collaboratif".

[7] Roger Nkambou & Vincent Heritier. (2004). "Reconnaissance émotionnelle par l'analyse des expressions faciales dans un tuteur intelligent affectif".

[8] Jessica Faivre, Claude Frasson & Roger Nkambou. (2002). "Gestion Emotionnelle dans les Systèmes Tuteurs Intelligents".

[9] Luc Damas, Alain Mille & Rémy Versace. (2002). "Prendre en compte les comportements cognitifs des apprenants dans la conception de systèmes d'assistance à l'apprentissage humain".

[10] Jean-François Bourdet & Philippe Teutsch. (2000). "Définition d'un profil d'apprenant en situation d'autoévaluation", Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication, Vol. 3, No 1, juin 2000, p. 125-136.

[11] Gilberto Lacerda. (1993). "La modélisation cognitive de l'étudiant et les systèmes tutoriels intelligents". Revue des sciences de l'éducation, Vol. 19, No 3, p. 501-509.

[12] Self, J. (1988). "Artificial intelligence tools in education", Chapitre Student models: What use are they?, p. 73-86. Elsevier Science Publishing.

Towards ongoing assessment of teaching for formative purposes and professional development: ICT potentialities

A. Raissouni [1], L. Benlafkih [1] and N. Raissouni [2]

[1] Faculty of Educational Sciences, University Mohammed V, Souissi, Rabat, Morocco.
[2] University Abdelmalek Essaadi, Tetuan, Morocco.
Email : amal01ma@yahoo.fr

Abstract. Assessing and evaluating quality teaching and student learning is considered complex and time consuming system. Research indicates that students, faculty, administrators and parents alike agree that quality teaching: establishes a positive learning environment, motivates student engagement, provides appropriate challenges, is responsive to students' learning needs and is fair in evaluating their learning. Therefore, strategies at local/regional/national/international level must be taken in consideration for formative purposes and for professional development betterment. The present paper presents an overview describing proposed strategies and indicators of quality teaching teachers may use to assess and evaluate the quality of their teaching and its impact on student learning. Nevertheless, all evaluation and assessment efforts should use a combination of strategies to take advantage of their inherent strengths as well as their individual limitations. Finally, Information and Communication Technologies potentialities are proposed to facilitate the approach of on-line measurements of some characteristics knowing that some characteristics are more easily measured than others. Furthermore, since instructors are individuals and teaching styles are personal, it is all the more important to recognize that not everyone will display the same patterns and strengths.

Keywords: ICT, Quality Teaching, Ongoing Assessment, Evaluation.

1. Introduction.

Teaching is a complex and personal activity that is best assessed and evaluated using multiple techniques and criteria. Assessment for formative purposes is designed to stimulate growth, change and improvement in teaching through reflective practice. Evaluation, in contrast, is used for summative purposes to give an overview of a particular instructor's teaching in a particular course and setting. Informed judgments on teaching effectiveness can best be made when both assessment and evaluation are conducted, using several techniques to elicit information from various perspectives on different characteristics of teaching. There is no one complete source for information on one's teaching, and no single technique for gathering it. Moreover, the techniques need to be sensitive to the particular teaching assignment of the instructor being assessed or evaluated, as well as the context in which the teaching takes place. If multiple perspectives are represented and different techniques used, the process will be more valued, the conclusions reached will be more credible, and consequently more valuable to the individual being assessed or evaluated [1][2][3].

2. Assessment practices in Education: Link between teaching and learning

Assessment requires attention to outcomes but also and equally to the experiences that lead to those outcomes. Information about outcomes is of high importance; where students "end up" matters greatly. But to improve outcomes, we need to know about student experience along the way-about the curricula, teaching, and the kind of student effort that lead to particular outcomes. Assessment can help us understand which students learn best under what conditions; with such knowledge comes the capacity to improve the whole of learning.

One of the most critical connections in students' education - the link between teaching and learning - is often overlooked in assessment practices. Assessment focuses on either learning or teaching but not on the interplay between the two. Assessments of learning typically document students' knowledge but do not examine how classroom practices contribute to learning outcomes.

2.1. Traditional methods.

Traditional methods for evaluating teaching examine instructional practices but often ignore how those practices influence students' learning, thinking, and development. Traditional methods of assessment certainly contribute to the improvement of education. However, practices that separate teaching from learning increase the chances that faculty members will perceive both types of assessment as irrelevant to their day-to-day classroom work. This seriously limits the role that individual teachers can and will play in assessing for educational improvement. Teachers are in the best position to affect students' learning, but most assessment practices do not provide information that would help them better understand and improve the way their teaching affects students' learning, thinking, and development.

2.2. Constraints: Summative evaluation vs formative evaluation

The dominant mode of evaluation of students and teachers is summative; the aim is to evaluate the endpoint of learning or teaching performance. In the classroom, teachers evaluate students to determine what they know and to assign grades, but not to examine how teaching contributes to students' knowledge and skills. Because surnmative evaluation is tied to the reward structure, faculty takes it much more seriously than formative evaluation. One of the most unfortunate consequences of this surnmative emphasis is that it inhibits open and productive discussions about teaching; in essence, it marginalizes the types of activity that could lead to better teaching [4][5].

Surnmative evaluation of teaching gets done because it is part of the formal system of expectations and rewards. Surnmative evaluation of student learning gets done within individual classes as part of grading practices. Assessment for improvement is less likely to get done because it is not well integrated into daily teaching. Even when faculty value formative assessment, it is still perceived as additional work and assumes a lower priority among the other demands of teaching, research, and service. Formative assessment of teaching can be carried out at many points during an instructional period, in the classroom or virtual environment, to compare the perceptions of the instructor with those of the students, and to identify gaps between what has been taught and what students have learned. The purpose of assessment is for instructors to find out what changes they might make in teaching methods or style, course organization or content, evaluation and grading procedures, etc., in order to improve student learning. Assessment is initiated by the instructor and information and feedback can be solicited from many sources (for example, self, students, colleagues, consultants) using a variety of

instruments (surveys, on-line forms, etc.). The data gathered are seen only by the instructor and, if desired, a consultant, and form the basis for ongoing improvement and development [6][7][8].

3. Learning Assessment Tool (LAT): ICT potentialities.

The site or context for examining teaching-learning processes is critical. Questions about how teaching affects student learning are necessarily connected to specific situations -who is trying to learn what under what conditions and for what purposes -. With the aim of facilitating us understand and represent the substance and complexity of teaching and learning, a Learning Assessment Tool (LAT) is proposed as approach to reveal and analyze teaching-learning relationships.

3.1. LAT design and usefulness

A LAT represents the specific aims and work of its author and is structured to explain what, how, and why students learn or do not learn in a class [6][7][8]:

	Methods	Outcomes	Foundation
TS: Teaching Statement	- Conveys the instructor's assumptions and beliefs about teaching and learning.	- Explains the intended learning outcomes of the course, the teaching practices used to address the learning outcomes. - Rationale that connects the course goals to the teacher's methods	By clarifying the relationship between methods and intended outcomes, the instructor creates a framework for analyzing and evaluating teaching and learning in the class
SLA: Student Learning Analysis	- Student performance: key assignments, learning activities, course goals...	- Strengths and weaknesses of students' learning. - How the assignment and classroom practices could be revised to enhance future performance	-
SFA: Student Feedback Analysis	- Feedback from students about how teaching affects their learning in the class.	- Instructor indicates how to change the course and/or teaching.	-
CS: Course Summary	- Describes the strengths and weaknesses of the course in terms of students' learning. - Offers possible reasons for students' learning or lack of learning. - Identifies changes that may enhance student performance.	- Explains what, how, and why students learn or do not learn in a course [6]. - Analysis of students' progress toward course goals. - Consideration of how students experience the course.	- Self-assessment and careful reflection about purposes, goals, and their connections to teaching practices. - Final analysis leads to ideas about what to change in order to enhance students' learning, thinking, and development the next time the class is taught

Table 1. Structure and Conception of the Learning Assessment Tool (LAT)

LAT can be web-based integrated in the totality of the educational system (from primary to high education) using corresponding Information and Communication Technologies (ICT) as support in order to constitute a platform documenting learning outcomes for programs such as the academic major or general education. For instance, a department might aggregate and summarize information

about students' learning from the LAT outcomes of faculty who teach different sections of the same course. The advantage is that the information grows out of the teachers' classroom experiences and suggests ways to change or improve their teaching.

3.2. LAT integration.

Assessment is likely to be ignored or rejected by faculty if it is perceived as work that is tangential to their daily classroom concerns. The problem is how to integrate the LAT with teaching and not simply add it on as another task. LAT should develop out of and in conjunction with the work that faculty already do in planning, preparing, teaching, and revising a course [9] [10]. LAT must be considered as: i) More systematic way to examine, revise, and represent teaching and learning in a course, and ii) Adopted by faculty, as product of analysis that can be used for program assessment and as part of promotion or tenure materials.

3.3. Collaborative Context.

Teaching portfolios provide an ideal way to foster more reflective and focused discussions about teaching. According to Hutchings [9], an intent to use portfolios to make teaching more public is in every way admirable, and a good number of campuses find it a key to implementation, as well. They begin by recruiting a group of respected faculty to develop portfolio entries that can be shared with colleagues.

4. Conclusions.

Assessment culture in education suggests that assessment for educational improvement depends upon several key conditions: i) Teachers must play a more central role in assessment, because they are important agents of change in the teaching-learning relationship, ii) Assessment must be learning centered, focused on the links between teaching and learning. The information from assessment should provide the instructor with a basis for improving teaching and student learning, and iii) Assessment must be better integrated with teachers' work [9][10][11]. Ideally, assessment techniques should serve both formative and summative so that faculty can consolidate and streamline the assessment of student learning with assessment of teaching. Finally, assessment should be a collaborative endeavor. Indeed, instructors and their classrooms must be at the center of assessment, but colleagues should be moving toward collective efforts to assess teaching, learning, and program quality [12][13][14].

Acknowledgments.

The authors wish to express their gratitude to the Senate Committee on Teaching and Learning (SCOTL),York University (Canada) for The Teaching Assessment and Evaluation Guide©.

Bibliography.

[1] The Teaching Assessment and Evaluation Guide, Senate Committee on Teaching and Learning (SCOTL), York University, (2002).
[2] C. William “Student ratings of teaching: The research revisited.” Number 32, Kansas State University, Centre for Faculty Development, 1995.

[3] T. Michael and F. Jennifer, "Student Ratings of Instruction: Issues for Improving Practice", New Directions in Teaching and Learning, No. 43 (CA: Jossey-Bass Inc.) Eds. (1990).
[4] W. Cerbin, "How to improve teaching with learning-centered evaluation". The *National Teaching and Learning Forum,* 1(6), 8-9, 1992.
[5] W. Cerbin, "A course portfolio for educational psychology", Center for Effective Teaching & Learning, University of Wisconsin-La Crosse, (1992).
[6] W. Cerbin, "Using course portfolios to enhance teaching and learning". 12th Annual Lilly Conference on College Teaching, Miami University, Oxford, OH. (1992).
[7] W. Cerbin. "Fostering a culture of teaching as scholarship". The Teaching Professor, 7(3), 1-2. 1993.
[8] W. Cerbin, "The course portfolio as a tool for continuous improvement of teaching and learning". Journal on Excellence in College Teaching, 5(l), 1994. 95-105.
[9] Anderson, E. (Ed.). Campus use of the teaching portfolio: 25 profiles. Washington, DC: American Association for Higher Education. (1993).
[10] AAHE Assessment Forum. "Principles for good practice for assessing students' *learning.* Washington", DC: American Association for Higher Education. (1992).
[11] E. R., Hutchings & P. Quinlan, "The teaching portfolio: Capturing the scholarship in teaching". Washington, DC: American Association for Higher Education. (1991).
[12] A. Forrest, "Time will tell: Portfolio-assisted assessment of general education". Washington, DC: American Association for Higher Education (1990).
[13] P. Seldin, "The teaching portfolio". Bolton, MA: Anker (1991).
[14] G. Wiggins, "The truth may make you free, but the test may keep you imprisoned: Toward assessment worthy of the liberal arts". Fifth AAHE Conference on Assessment in Higher Education, Washington, DC. (1990).

Gifted and High Potential Students: State of the Art & Talent Information System (Talent-IS) perspective

A. Raissouni and L. Benlafkih

Faculty of Educational Sciences, University Mohammed V, Souissi, Rabat, Morocco.
Email : amal01ma@yahoo.fr

Abstract. In the present paper, recent research related to gifted and high potential students is summarized. A great diversity among this heterogeneous group of young people is shown. The development of giftedness suggests that personality, environment, culture, school, home, etc. all interact with demonstrated potential and whether or not that potential eventually develops into demonstrated gifts and talents. Therefore, the integration of gifted education programs and curriculum has proved its effectiveness in: i) raising student achievement, and ii) helping students to develop interests, creativity and productivity. Finally, as conclusion, there is indeed a need for programs and services for this population we must take in consideration and look forward developing. For this purpose, we suggest, the integration in all the educational institutions of what we have called Talent Information System (Talent-IS) as platform for collecting and managing corresponding information with the main aim of defining gifted education strategies and continuing to extend and enrich the educational experiences of high potential and gifted students.

Keywords: High Potential Students, ICT, Talent Information System (Talent-IS).

1. Introduction.

La littérature montre que, de nos jours encore, la douance ne se définit pas unanimement. Les termes «doué, surdoué, intellectuellement précoce, à haut potentiel» et bien d'autres sont utilisés indifféremment pour désigner des enfants caractérisés par un rythme de développement rapide qui n'est atteint que par 2 à 5 % des enfants. Cette population est composée d'enfants ayant un quotient intellectuel "Q.I." supérieur à 130 dans l'échelle de Wechsler et possédant des aptitudes qui les démarquent de leurs pairs. Bien souvent, les capacités intellectuelles de l'enfant sont en dysharmonie avec ses capacités relationnelles [1]. Notons bien que le fait d'être « surdoué » n'est pas une pathologie du développement ou un dysfonctionnement Psychologique, mais un fonctionnement intellectuel quantitativement supérieur et qualitativement différent [2]. Un surdoué peut tout à fait évoluer de manière adaptée sans pose de diagnostic. Ce sont des difficultés et un mal être, chez l'enfant, qui doivent être à l'origine de la pose d'un diagnostic et non l'inverse.

Dans le présent article, la recherche récente relative aux élèves surdoués et à haut potentiel est résumée. Par souci d'alléger le texte, le terme utilisé pour désigner les enfants surdoués et à haut potentiel, sera surdoué.

2. État de l'Art.

La revue de la littérature scientifique consacrée aux surdoués montre que les deux thèmes de recherche les plus dominants sont l'éducation et les caractéristiques personnelles de ces enfants. Le premier dominant en Amérique du nord et en Asie, et le second en Europe [3]. L'identification des surdoués ne représente que 5% des références bibliographiques, ce qui est paradoxal avec la fréquence d'utilisation des procédures d'identification, puisque toute recherche portant sur le haut potentiel ou le talent doit nécessairement mentionner les critères retenus pour recruter un échantillon d'enfants susceptibles de participer à la recherche, surtout que les dernières décennies du XXe siècle ont été marquées par un intérêt croissant pour les divers surdoués décrits comme ethnique, minorité raciale et linguistique, économiquement défavorisés, en échec scolaire et dyslexiques. Pourtant, malgré la recherche récente qui développe les conceptions de la surdouance, la majorité des jeunes identifiés comme surdoués continue de représenter la culture de la majorité (économiquement défavorisés). Ainsi, les diverses autres populations d'élèves continuent d'être sous-représentées dans les programmes d'éducation pour surdoués. De nos jours, la recherche donne plus d'importance aux moyens d'apprentissage et à la préparation des tests pour surdoués.

Malgré l'effort des chercheurs et professionnels du domaine, il s'avère difficile de trouver un consensus dans lequel tous les thèmes de recherche sont censés être inclus. Néanmoins, la recherche actuelle concernant l'éducation des surdoués peut être résumée en six grands thèmes [4]:

1. La multitude des conceptions de la douance et du développement du talent ;
2. L'absence continue de défi pour les élèves surdoués;
3. Le modèle de regroupement des élèves surdoués ;
4. Les effets de la différenciation, de l'accélération et de l'enrichissement sur la réussite et d'autres résultats;
5. L'application des programmes et de pédagogie des élèves surdoués pour servir aussi bien les élèves surdoués de différentes populations que les surdoués en échec ou à difficultés scolaires;
6. Les effets longitudinaux des programmes et de pédagogie pour surdoués.

2.1. Diversité des surdoués.

La recherche sur les surdoués tend vers la grande diversité parmi cet hétérogène groupe de jeunes [5] et vers le fait que plusieurs n'accomplissent pas leur potentiel, en partie, à cause des facteurs scolaires qui contribuent à l'échec.

Ces enfants se retrouvent dans chaque groupe ethnique et socioéconomique et dans chaque culture [6]. Ils ont en commun d'excellentes aptitudes intellectuelles et présentent une gamme illimitée de caractéristiques personnelles et d'apprentissages [7]. Leur personnalité est tout à fait variable, et même s'ils présentent certains points communs, ils ne sont ni systématiques ni généralisables [8].

Un enfant est considéré comme « surdoué », si son Q.I. a été reconnu exceptionnellement élevé à l'issue d'une évaluation rigoureuse conduite par un psychologue. Le seuil de 130, dans l'échelle de Weschler, est le repère communément admis [9]. Pourtant, même s'il est vrai que les ressources intellectuelles du surdoué sont abondantes, c'est surtout la façon dont il emploie son intelligence et la vitesse avec laquelle il peut intégrer, manipuler et restituer des choses complexes qui vont le distinguer des autres sujets de son groupe d'âge. La recherche indique que jusqu'à présent, le seul outil communément admis pour délimiter ce groupe hétérogène d'enfants est le quotient intellectuel,

cependant c'est l'analyse du profil de développement en termes de niveaux de développement qui permet de comprendre chaque enfant dans sa spécificité [10].

Dû au nombre de définitions chevauchantes de la surdouance, il s'avère difficile de trouver une définition basée sur la recherche pour décrire la diversité de cette population [4]. En décrivant ce groupe d'élèves, nombre d'enseignants utilisent indifféremment les définitions de la surdouance, ce qui n'était pas toujours le cas, puisque durant les dernières décennies, les chercheurs et les psychologues, suivant les traces de Lewis Terman, assimilaient la surdouance à Q.I. élevé [11]. Plus récemment, les définitions de la surdouance sont devenues multidimensionnelles et incluent l'interaction entre la culture et les valeurs sur le développement des talents et des dons [12].

2.2. Concept de la précocité.

Dans le cas de la douance intellectuelle, les tests de Q.I. constituent la mesure privilégiée à peu près partout dans le monde. Ce choix tient à deux motifs principaux. D'abord, le concept de surdoué a toujours été associé dans l'esprit des gens, professionnels de l'éducation tout autant que parents, à une intelligence supérieure. De plus, le lien étroit observé entre mesures de Q.I. et rendement scolaire a renforcé cette équation. Il faut souligner que le Q.I. permet, seulement, de situer les performances d'un individu par rapport à celles de l'ensemble de la population de son âge. De surcroît, le Q.I. est une estimation, non une mesure exacte, qui n'a de valeur qu'à un temps donné [13]. C'est, pourtant, l'analyse du profil de développement en termes de niveaux de développement qui permet de comprendre chaque enfant dans sa spécificité [14].

La recherche actuelle montre que le concept de précocité est progressivement passé d'une conception unitaire, basée sur une mesure d'intelligence générale, le Q.I., à des conceptions multidimensionnelles de l'intelligence, voire à d'autres domaines de mesure [15]. Ces dernières années, la recherche sur le développement de la surdouance suggère que les facteurs de personnalité, d'environnement, scolaires, familiaux et de chance interagissent tous avec un potentiel détecté et si ce potentiel se développe éventuellement en dons et talents reconnus, ou ne se développe pas [4].

2.3. Modes de scolarisation et leurs effets.

De nombreux modes de scolarisation des enfants surdoués ont été expérimentés. De ceux qui touchent le moins aux contenus des programmes et à la structure du système, à ceux qui introduisent dans l'un ou l'autre de ces deux aspects les modifications, les plus importants sont:

- Les classes par niveaux: Le niveau des élèves est évalué au début de l'année scolaire. Les enfants sont affectés dans des classes différentes selon leur niveau dans les épreuves;
- Le regroupement intra et interclasses: préservent la structure scolaire en classes hétérogènes et le contenu des programmes, mais s'appuient sur des regroupements temporaires, entre classes ou au sein de la classe, pour différencier le rythme de progression des élèves dans le programme;
- L'enrichissement: Tire parti du rythme d'apprentissage plus rapide des surdoués pour élargir le champ de leurs activités intellectuelles.
- L'accélération: Tire parti de ce rythme plus rapide pour leur faire parcourir plus vite le cursus scolaire.

Les effets de ces modes de scolarisation sont surtout fonction des modifications introduites dans les programmes d'enseignement ou le rythme auquel ceux-ci sont enseignés (compactage, accélération,

etc.). Les différentes formes d'accélération impliquent une meilleure réussite des élèves surdoués [4]. En outre, l'enrichissement et l'amélioration du curriculum implique une meilleure réussite aussi bien pour les élèves surdoués que pour les élèves dits "normaux" [16] ou à besoin spécifique [17].

Une recherche longitudinale montre l'efficacité des programmes d'éducation pour surdoués en augmentant leur rendement et en les aidant à développer leurs intérêts, créativité et productivité [18]. Certains élèves surdoués échouent à l'école, mais cet échec scolaire peut être reversé si des interventions dans les programmes sont mises en œuvre [4].

3. Synthèse : Besoins particuliers.

D'après cette revue de la littérature, nous devons conclure qu'il y a effectivement un besoin critique en programmes et services pour cette population surdouée que nous devons tenir en compte et espérons développer [4].

Dû à l'avance qu'ont les surdoués dans une ou plusieurs des matières enseignées à l'école, la rapidité avec laquelle ils peuvent assimiler les connaissances dans les domaines qui les passionnent, font qu'il est difficile de leur enseigner la même chose, au même rythme, qu'aux autres enfants de leur âge [1]. Il est donc nécessaire d'adapter la pédagogie pour ces enfants afin de les aider à investir les apprentissages car ils fonctionneraient selon un mode global puis analytique. Leur besoin de complexité dans les apprentissages leur permettrait de maintenir l'intérêt et l'investissement qui activerait leur mémoire et leur concentration. Pour leur permettre de grandir à leur rythme dans tous les domaines d'apprentissage et de se construire sereinement une personnalité, il est urgent et nécessaire que l'école réponde à leurs besoins particuliers. La gageure étant de faire concorder l'aisance intellectuelle avec le niveau de l'enseignement ce qui permettra d'éviter l'ennui et la dégradation du potentiel d'apprentissage [2].

Parmi les besoins particuliers des surdoués :

- Un besoin de reconnaissance: l'aptitude intellectuelle est souvent confondue avec réussite scolaire.
- Un besoin de motivation: par un défi intellectuel qui paraîtrait irréalisable à tout autre et par des encouragements autant par leurs enseignants que par leur entourage familial.
- Un besoin d'équilibre: pour éviter que l'enfant ne se renferme sur lui-même et de préparer son avenir dans la société.

Il convient d'être vigilent quant aux classes spéciales destinées exclusivement aux surdoués, qui pourraient pour certains accentuer le clivage et ghettoïser ces enfants différents. Leur intégration dans des classes à plusieurs niveaux semble être l'une des pistes les plus adaptées. Aussi, il paraît essentiel de cultiver la notion d'effort, et de confronter l'enfant à des tâches qui lui seront parfois coûteuses et complexes. De même, il est important qu'il soit amené à se constituer des méthodes d'apprentissage car lors de la poursuite des études supérieures, l'intelligence ne suffira plus, l'utilisation de méthodes d'apprentissage acquises antérieurement sera nécessaire.

4. Résultats.

Les surdoués ne sont pas seulement des enfants à fort potentiel intellectuel, ce sont aussi des enfants "à haut risque". Echecs scolaires, troubles d'apprentissages, dépressions, etc. sont fréquemment observés. D'où l'importance de repérer la précocité le plus tôt possible, afin d'adapter la prise en charge. Pour

cela, comme l'école occupe une place importante dans la vie des enfants, il est indispensable de se pencher sur le problème des enfants « surdoués » à l'école. Le but de l'instruction n'est pas la course aux résultats excellents ou la compétition scolaire, c'est avant tout de leur apporter, en association avec les parents, en plus de l'acquisition des connaissances et apprentissages de base, une grande richesse culturelle tout en favorisant l'épanouissement de leur personnalité [19].

Talent-IS Niveau: Chercheur			
Sources/Mobilisation Information	**Ressources**	**Type Ressources**	**Spécificité/Action Ressources**
Sources d'Information	**Bases de Données**	Bases de Recherche	Publications scientifiques
			Microfiches, actes, comptes-rendus de colloques, conférences.
		Données Statistiques	Données sur les élèves à haut potentiel au primaire
			Données sur les enfants prodiges
	Personnes Ressources	Scientifiques	Concept d'intelligence et définition de la surdouance.
			Caractéristiques, identification…
		Psychologues	Bilan psychologique et outils utilisés.
		Gestionnaires du Dossier du Surdoué	Aide, centre d'écoute et d'accompagnent
			caractéristiques, profils, difficultés à l'école
		Parents/Tuteur	caractéristiques, profils, difficultés la maison
			perception des besoins de leur (s) enfant (s)
		Enseignants	comment identifier les surdoués au sein de la classe
			Pratiques pédagogiques pour mieux répondre aux besoins des surdoués (approfondissement, enrichissement, accélération…)
		Associations Spécialisées	Organisation de Congrès - Colloques - Séminaires
			Accompagnement des familles
			Accompagnement des enfants et adolescents hors du temps scolaire (Aide psychologique, Aide scolaire, Activités extra-scolaires)
Mobilisation de l'Information	**Circulation de l'Information sur les Surdoués**	Publications Scientifiques	Périodique, ouvrage de références…
		Moyens Audiovisuels et Réseau Intranet /Internet	Rétroprojecteur, diapositives, vidéo, Films, photo, intranet, internet…

Table 1. Structure et Conception du Talent-IS: Composantes Fondamentales, niveau chercheur

Le repérage de la précocité est utile à tout instant du développement. Très tôt, il permet d'anticiper la survenue de troubles du comportement. Plus tard, la révélation de la précocité apporte une explication rationnelle aux troubles d'adaptation rencontrés par les enfants surdoués en maternelle. Enfin, dès les classes primaires, l'identification des profils spécifiques des surdoués permet aux enseignants et aux familles de s'adapter à leurs particularités affectives et cognitives. Il s'agit de trouver la voie qui mène le mieux à une bonne collaboration entre école au sens large du terme, parents et organisations en sachant abandonner les préjugés et les réticences idéologiques et en gardant à l'esprit que l'enfant doué d'une intelligence reste un enfant qui a besoin de repères, de balises et de guides dans ses

apprentissages. Ce regard expert revêt de plus une fonction thérapeutique, car l'identification de la précocité est rapidement apaisante pour l'enfant et son environnement. Il exige de l'éducateur une bonne connaissance des caractéristiques développementales qui distinguent un enfant surdoué d'un enfant standard [20]. Ainsi, les procédures d'indentification des surdoués intègrent des mesures de personnalité et des traits de comportements recueillis auprès des parents, pairs, enseignants, etc…[21].

A cet effet, puisque l'information constitue le fondement de la gestion, de la planification et de l'évaluation d'un système éducatif, pour accéder à l'information sur les enfants surdoués, nous suggérons l'intégration dans tous les établissements d'enseignement de ce que nous avons appelé Talent Information System (Talent-IS) (voir Table 1 en haut) comme plate-forme de collecte et de gestion de l'information correspondante dans le but principal de définir des stratégies d'éducation des enfants surdoués et continuer à étendre et enrichir l'expérience éducative de ces derniers. Le Talent-IS a pour objectif de rassembler et entreposer des données, traiter l'information et aider à formuler, gérer et évaluer les politiques éducatives.

5. Conclusions et Perspectives.

Une fois le Talent-IS conçu, informatisé et rendu convivial, d'autres préoccupations peuvent se présenter. L'évolution des connaissances et de la démographie des élèves surdoués impose l'actualisation continue du système, le développement informatique doit permettre cette actualisation. Aussi, la diversité des utilisations (chercheurs, enseignants, gestionnaires, parents, surdoués eux-mêmes, etc…) impose l'adaptation continue du système et des possibilités de vulgarisation pour les utilisateurs à niveau modeste.

Bibliographie.

[1] J.-C. Terrassier, Les enfants intellectuellement précoces, Archives de pédiatrie 16, 2009, (pp.1603–1606).
[2] J. Siaud-Facchin, Trouble des apprentissages scolaires? Enfants surdoués? Quels liens? A.N.A.E, 2005, 81, (pp.7-15).
[3] J. Lautrey, Hauts potentiels et talents: la position actuelle du problème, Psychologie française 49, 2004, (pp. 219–232).
[4] S. M. Reis, & Renzulli, J. S., Is there still a need for gifted education? An examination of current research, Learning and Individual Differences (2009), doi:10.1016/j.lindif.2009.10.012.
[5] G. Betts, M. Neihart, Les profils des élèves doués et talentueux, Enfant doué, trimestriel, Association nationale pour les enfants doués (NAGC), (1988).
[6] Robert J. Sternberg et Todd I. Lubart: Creative giftedness: a multivariate investment approach, (1993). The creative cognition approach, chapter 12, (pp. 271-289), edition 1997.
[7] Murat Tekina et al., Analysis of the creativity level of the gifted students. Procedia Social and Behavioral Sciences 1, 2009, (pp.1088–1092).
[8] S. Calmettes-Jean, M. Bergès-Bounes, Conduite à tenir devant un enfant étiqueté surdoué, Archives de pédiatrie 10, 2003, (pp. 738–741).
[9] J.-L. Gaspard et al., Haut potentiel : position subjective et rapport au savoir. Neuropsychiatr Enfance Adolesc (2010).
[10] J. Siaud-Facchin, Les particularités intellectuelles et affectives de l'enfant surdoué et leurs liens avec les processus d'apprentissage. Bourg en Bresse – 25 mars 2009.

[11] L. M. Terman, The Uses of Intelligence Tests, The measurement of intelligence (chap.1), (1916).
[12] F. Gagné, Construire les talents à partir de la douance. Bref survol du MDDT 2.0., 2009.
[13] J.P. Delaubier, la scolarisation des élèves, « intellectuellement précoces », 2002.
[14] J.L., Gaspard et al., Haut potentiel: position subjective et rapport au savoir. Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence (2010).
[15] X. Caroff, L'identification des enfants à haut potentiel : Quelles perspectives pour l'approche psychométrique ? Psychologie française 49, 2004, (pp. 233–251).
[16] S. Field et al., En finir avec l'échec scolaire: Dix mesures pour une éducation équitable, Synthèse Et Recommandations Aux Pouvoirs Publics (2009).
[17] J. Van Tassel-Baska, Gifted programs and services: what are the non negotiables?. Theory Into Practice, (2005).
[18] J. S. Renzulli, Applying gifted education pedagogy to total talent development for all students. Theory Into Practice, 2005, (pp. 80-89).
[19] C. Benjemia, L'enfant à haut potentiel intellectuel et l'école. Bulletin GAPP (Groupement Genevois des Association des Parents d'Elèves du Primaire), Décembre 2003.
[20] O. Revol et al. , L'enfant précoce : signes particuliers, Neuropsychiatrie de l'enfance et de l'adolescence 52, 2004, (pp. 148–153).
[21] B. Loriers, L'intégration des enfants à haut potentiel: une gageure?, Analyse UFAPEC (2009), n° 21.

Linguistic Capabilities in a Self-Management Medical device to Improve Usability of elderly people

Mario Crespo Miguel[1], Daniel Sánchez Morillo[1] , Miguel Ángel Fernández[1] and Luis Felipe Crespo Foix1[1]

[1] Biomedical Engineering and Telemedicine Lab, University of Cádiz, Cádiz, Spain, {mario.crespo, daniel.morillo, ma.fernandez, luis.crespo}@uca.es

Abstract. This work presents the voice interface developed for the AMICA project and how the introduction of Natural language dialogues in this kind of interfaces tries to give the impression of a more human interaction, and decrease reservations and fear of use towards technical systems. Results show a high degree of satisfaction when using the platform for people with no experience in the use of computer devices.

Keywords: Natural language dialogues, interfaces, usability, elderly.

1. Introduction.

Home telemonitoring presents an alternative for the close follow-up of chronic patients by ensuring timely transmission of clinical and physiological data and by supporting prompt medical intervention before deteriorations in patients' conditions occur (Jaana et al., 2009). Different clinical studies have emphasized that home telemonitoring has the potential to improve health outcomes and reduce cost to health systems (Kun, 2001) (Giorgino et al., 2004). Most of the people suffering from a chronic condition are elderly and the prevalence studies about co-existing diseases suggest that three-quarters of elderly people live with two or more significant chronic diseases (Naughton, 2006).

Home telemonitoring solutions deployment have been on the rise since the early nineties (Jaana et al., 2009) varying in the use of medical instruments. Since most COPD patients are older than 60 (Devereux, 2006) platforms used to monitor elderly people must be easy to use. As pointed out by Gamberini et al. (2006), the percentage of elderly people that use computers and other electronic devices is increasing. More than 50% of problems related to usability reported by elderly people could be solved by improving the design or providing training (Fisk et al. 2004 as cited in Gamberini et al., 2006). Current developments in Information and Communication Technologies can extend user interfaces' capabilities allowing people to interact by voice or tactilely to improve usability and be adapted to elderly impairments: the weaknesses of one sensor modality are offset by the strengths of another (Holzinger et al., 2008). Multimodal are computer systems endowed with multimodal capabilities for human / machine interaction and able to interpret information from various sensory and communication channels.

This work presents the results from evaluating the multimodal interface developed within the Autonomy Motivation & Individual Self-Management for COPD Patients project (AMICA) over elderly people. Results show a high degree of satisfaction when using the platform for people with no experience in the use of computer devices.

2. Linguistic Interface Design.

The visual interface of AMICA is a software application to be executed in the patients' device when they get connected. The interface (GUI) in AMICA accepts inputs via devices as the computer keyboard, mouse and touch-screen (it allows mouse functions directly on screen) and it extends this traditional capabilities with the interaction by voice presented as natural dialogues. The use of natural voice in the interaction accompanies the graphical interface, so users can interpret information from various sensory and communication channels. On the one hand, users can supply deficits from one sensor with the information coming from other channels and improve the comprehension of the information presented in the interface. On the other hand, users are able to respond in the way they deem more appropriate according to their capabilities.

Natural language dialogues try to give the impression of a more human interaction, and decrease reservations and fear of use towards technical systems. When elderly access the AMICA system they are presented with different "dialogue-based" screens displaying information as both graphical displays and verbal conversation.

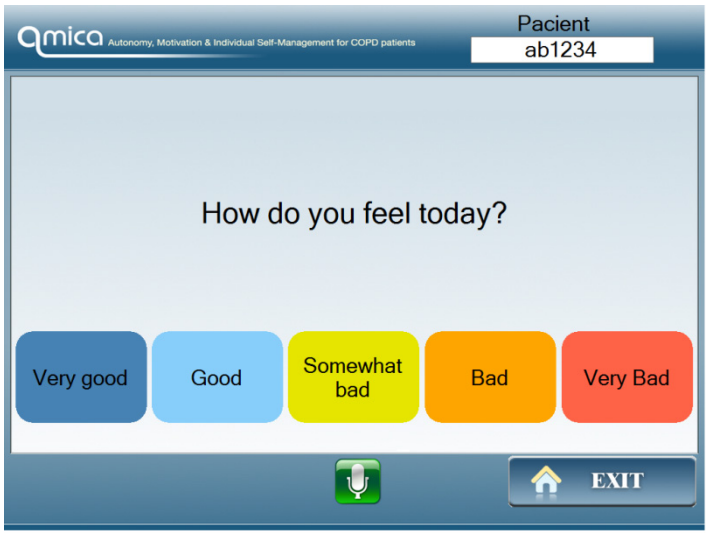


Figure 1. Screenshot of AMICA telemedical platform.

The way this conversational structure is presented to users is the following:

1. Graphical displays. It includes both the questions displayed by the system (a), the different buttons that allow patients to give information about themselves and navigate (b) and the dialogue window providing confirmation (c).

2. Speech recognition and synthesis technologies. The system reads out the question (a), the answers (b) and provides feedback to the user (c). In addition to that, the user can reply the system (b) orally, that is, naming a certain buttons triggers it.

Each screen has been designed to represent a simple conversation with the following threefold structure:

a. Question or presentation of the information by the system.

b. Different options to answer or reply by the patient.

c. Confirmation of the system of the option selected.

Multimodality is the combination of presenting information to the subject (graphically and orally) and the different ways of interacting with interface (mouse or touch-screen and orally). This necessarily leads to a sensor reinforcement of contents presented since users can read and listen to the information at the same time, and to an improvement of usability since users can interact by using the most appropriate way for them.

3. Evaluation.

The current AMICA linguistic interactive interface has been evaluated over a group of 25 elderly people with a mean age of 78 from two nursing home and two Senior Citizen Centers in Cádiz (Spain). Demographics from sample are the following:

	Male	**Female**
Subjects	10	15
Respiratory Diseases	4	5
Other Chronic Diseases	6	10
Mean Age (years)	72.5	86,5
Previous ICTs experience	2	3

Figure 2. General Demographics Data for Subjects.

This group was asked to provide their health status through a conversation about 15 medial items. The users were explained that the task concluded when they were provided with a medical advice and a health score from the system. This was interpreted as a sign that the patient was able to conclude the whole range of questions made by the system. Interaction could be accomplished by using the channel / way they preferred.

Interaction was evaluated according to a 5-point Likert scale, in which 5 represented a high degree of satisfaction and 1 a high degree of dissatisfaction. It was highlighted that users were expected to carry out the tests with no help from the interviewers. Results are the following:

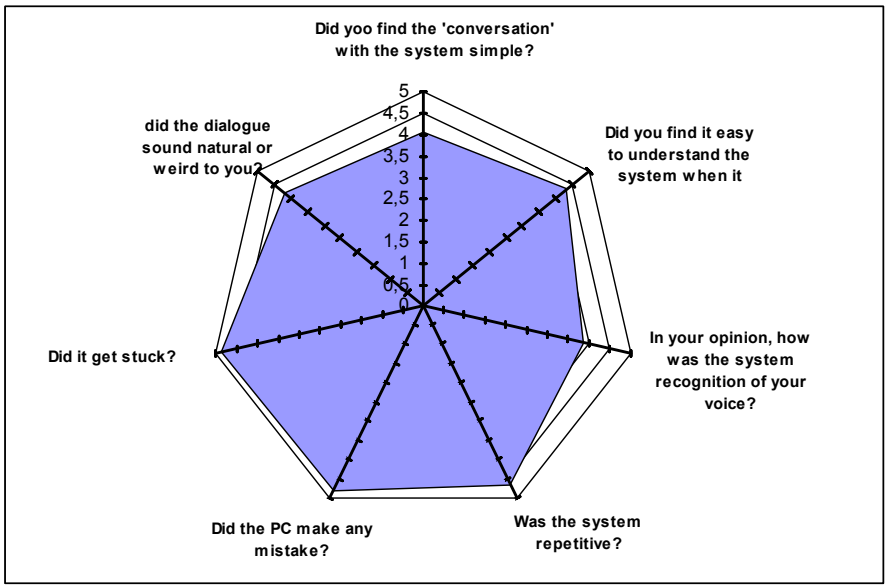


Figure 3. Results from dialogue degree of satisfaction evaluation.

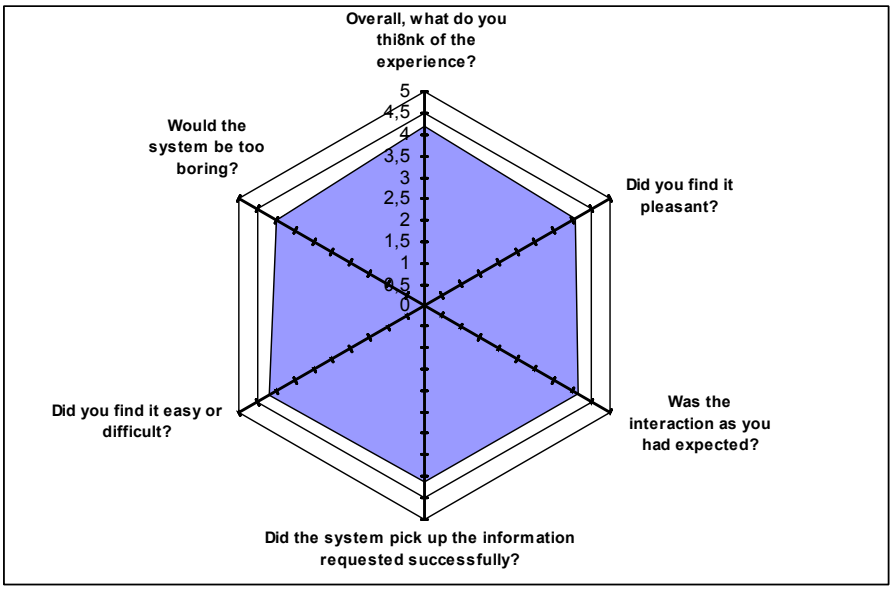


Figure 4. Results from platform degree of satisfaction evaluation.

4. Discussion.

Results show a high degree of satisfaction. Results show how this kind of linguistic platform are well accepted by elderly people allowing them to accomplish the task easily. Acquiring a constant flow of data from patients is a critical point in telemonitoring; otherwise this kind of platforms will fail in their follow-up of patients. Usability and Communication are then crucial points to accomplish this task.

From 25 interviewees, only 4 could not complete the task, however, the users who were not able to complete the questionnaire suffered from a combination of impairments (hearing, sight, etc.) Although further studies must be done, it can be concluded that, the aforementioned preliminary findings suggest an approximation on non-adherence profiles: the users who were not able to complete the

questionnaire suffered from degenerative diseases of the hand, tremors and even Parkinson which, together with hearing and/or sight impairment, prevented the users from self-managing the platform.

5. Conclusions

This work presents the voice interface that is being developed for the AMICA project. The development of this kind of platforms will hopefully try to improve patients' quality of life and help spread the use of technology for health care.

Acknowledgments

This work has been developed within the Autonomy Motivation & Individual Self-Management for COPD Patients project (AMICA), supported in part by the Ambient Assisted Living (AAL) E.U. Joint Program, by grants from Instituto de Salud Carlos III and the European Union under Project AAL-2008-1-176 http://www.amica-aal.com/

References.

[1] Devereux G. (2006), ABC of chronic obstructive pulmonary disease. Definition, epidemiology, and risk factors. BMJ;332:1142-4.
[2] Jaana, M., Paré, G. & Sicotte, C. (2009) "Home Telemonitoring for Respiratory Conditions: A Systematic Review", The American Journal of Managed Care, 15(5), 313-20.
[3] Gamberini et al., 2006, "Cognition, technology and games for the elderly: an introduction to ELDERGAMES Project", PsychNology Journal, Volume 4, Number 3, pp. 285 - 308.
[4] T. Giorgino, S. Quaglini, C. Rognoni, J. Baccheschi (2004) The HOMEY Project: a telemedicine service for hypertensive patients, Dialogue Systems for Health Communication ,ed AAAI Press ,pages 32 – 35
[5] Kun. L. (2001) Telehealth and the global health network in the 21st century. From homecare to public health informatics, Comput. Meth. Prog. Bio. 64 (3) 155–167
[6] Naughton C et al, Prevalence of chronic disease in the elderly based on a national pharmacy claims database. Age & Ageing 2006; 35: 633-5
[7] Holzinger A., Ssamula Mukasa K., Nischelwitzer A. K.: Introduction to the Special Thematic Session: Human-Computer Interaction and Usability for Elderly (HCI4AGING). ICCHP 2008: 18-21A. Autor 1, B. Autor 2 y C. Autor 3, "Título del artículo", Congreso o revista, año, páginas (pp. 134-145).

La experiencia tunecina: una nueva estrategia de desarrollo en el mundo de la información

Inés Shabou

Departamento de Lenguas - Instituto Superior de Lenguas Aplicadas e Informática de Beja – Universidad de Jendouba - Túnez - shabouines@yahoo.co.uk

Abstract. Nowaday, the information and comunication technologies know important development as they perfectly correspond to the socio-economic tendency which the companies must face. Our research focus on the impact of the news technologies of the information and communication on Tunisia. I will analyse Tunisian experience in the use of the news technologies before and after the summit international and Tunisian position in the actual international context.

Keywords. NTIC. Cumbre mundial de la sociedad de la información. Telecomunicación. Túnez

1. Introducción.

A principios de este siglo, la comunidad mundial se ha encontrado en una nueva era civilizacional; la era de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación. Estas tecnologías han dado un nuevo sentido cuantitativo y cualitativo a la información. Se han convertido en un medio que sirve para mejorar y complementar la inteligencia humana: amplían y reparten los conocimientos, aceleran la interacción, profundizan la reflexión y diversifican sus campos.

Esta revolución de las tecnologías de la información y de la comunicación no podrá avanzar sin la reacción de los individuos, de las sociedades y de la influencia de su sistema de pensamiento y de sus culturas. Así pues, el reto mayor de los próximos años será sin lugar a dudas ¿cómo saber dominar a la vez esta revolución tecnológica y sus consecuencias sobre nuestra vida? Las NTIC (nuevas tecnologías de la información y de la comunicación) viven hoy en día un desarrollo fulgurante puesto que han invadido la empresa contemporánea y participan directa e indirectamente en las tendencias socioeconómicas.

En el seno de estas mutaciones Túnez, es un país mediterráneo y africano en vía de desarrollo, que no puede estar excluido de esta revolución tecnológica mundial; sobre todo después de la cumbre mundial de la sociedad de la información celebrada en el 2005 en Túnez que ha sido una cumbre de soluciones para limitar el ensanchamiento del abismo numérico y garantizar un acceso equilibrado del saber gracias a los esfuerzos del estado, de las organizaciones, del sector privado y de la sociedad civil.

En el tratamiento de la información (administrativa, estadística, científica y tecnológica) Túnez vive una verdadera revolución: se ha mejorado la productividad del servicio público, se ha simplificado los procedimientos administrativos, se ha intentado evitar los desplazamientos inútiles y se ha reforzado el

nivel local del diálogo con los usuarios, entre otras cosas. Podemos decir que se ha hecho una rápida transición hacia una administración moderna apta para responder a las necesidades de los usuarios. Pero el uso de las TIC no podrá ser posible sólo cuando la población dispone de un acceso suficiente a la tecnología y se siente en harmonía con ella, y es lo que voy a tratar en mi ponencia abordando estas cuestiones ¿cuál es el impacto de la cumbre mundial en el uso de las NTIC en Túnez? ¿Cuál es la posición que ocupa Túnez en el contexto actual del mundo de la información? ¿Cuál es la estrategia tunecina en el uso de las TIC?

Muchas preguntas planteadas suponen unos verdaderos problemas que tenemos que resolver si queremos administrar eficazmente los cambios y si queremos optar por la modernización en el seno de la sociedad de la información.

2. Desarrollo del problema.

Consciente de la importancia de las NTIC, Túnez se incorporó en la sociedad de la información explotando las nuevas tecnologías para cumplir sus objetivos de desarrollo en una visión multidimensional.

2.1- Características de La experiencia tunecina en el mundo de la información.

Las estrategias tunecinas tienen como objetivo principal el asentamiento de una estructura de comunicación conforme con las necesidades económicas y la propagación de una cultura numérica para asentar las bases del mundo del saber, y esto a través de los siguientes procedimientos [1]:

- Promoción de la estructura de la comunicación: reforzar las redes de transmisión y divulgar los sistemas numéricos, diversificar los servicios, ampliar las redes del teléfono numérico móvil y garantizar su cobertura sobre todo el territorio tunecino y tramitar más lazos del Internet con las redes internacionales.
- Promulgación de una nueva ley de los intercambios y del comercio electrónico para introducir las garantías necesarias del uso de los métodos electrónicos en las transacciones económicas y el comercio electrónico.: creación de la agencia nacional de la aprobación tecnológica.
- Publicación de una nueva revista de comunicación que permite la privatización del sector y la introducción de más competencias en los servicios de comunicación, y esto a través de la fundación del organismo nacional de comunicación.
- La revisión del reglamento de las tarifas de los servicios de comunicación para apoyar la capacidad competitiva de la economía nacional.
- Promulgación de una ley especial a los polos tecnológicos.
- Mejorar los métodos de conexión Internet para proporcionar diferentes servicios con alto débito utilizando técnicas avanzadas de las líneas numéricas.(ADSL)
- Animar a crear y desarrollar redes especiales dentro de las instituciones públicas y privadas (intranet)
- El uso obligatorio de las tecnologías de la comunicación en los centros de telecomunicación: por ejemplo la agencia tunecina de las noticias utiliza las tecnologías de la información con una tasa de 100 %.

2.2- La divulgación de la cultura numérica.

Entre los objetivos de la experiencia tunecina, la propagación de la cultura numérica animando a todas las clases de la sociedad a utilizar las nuevas técnicas de comunicación e incitando al sector privado a invertir y activar el ciclo económico en el campo de las tecnologías de la comunicación. Entre sus programas destacamos [2]:

- la creación de los centros públicos de Internet con un descuento importante de las tarifas.
- Conexión de todos los establecimientos económicos con Internet para aprovechar todas las oportunidades de la inversión que proporciona esta red.
- Conexión de todas las instituciones educativas, universitarias e institutos de la investigación científica con Internet (liceos segundarios y universidades 100% la conexión).
- Conexión de todas las bibliotecas públicas con Internet y creación de bibliotecas virtuales.
- Creación de un laboratorio ambulante de informática que benefició a 22 400 jóvenes.
- Creación del proyecto "ordenador familiar" que arrancó en abril 2001 y que proporcionó a las familias pobres la compra de ordenadores con privilegios y facilidad de pago.

2.3- La cumbre Mundial de la sociedad de la información (Túnez 2005).

En esta cumbre el secretario general de la Unión internacional de las comunicaciones afirma "las informaciones pueden poner término a la ignorancia y pueden dar la posibilidad a todas las personas de atender sus ambiciones y realizar sus esperanzas, y pueden también relacionar entre las sociedades en el marco internacional y propagar los altos valores comunes de la paz, la tolerancia y el desarrollo. Las tecnologías de las informaciones y comunicaciones adquieren una importancia cada vez más puesto que representan un instrumento de la aceleración del proceso del desarrollo social y económico. Basándonos sobre este hecho, tenemos que confesar que esta cumbre es una cumbre de soluciones" [3].

De hecho, esta cumbre ha sido una cumbre de soluciones, que busca soluciones prácticas a las cuestiones planteadas y abre nuevos horizontes para adquirir el reto del saber.

Siempre ha habido una desigualdad entre los países subdesarrollados y desarrollados que llevará al ensanchamiento del abismo numérico entre estos países, esta cumbre ha sido una ocasión para crear una visión única y común, su objetivo es garantizar una sociedad humana armoniosa en el siglo XXI, una sociedad en la que las NTIC se utilizan para realizar el equilibrio y la comodidad a toda la humanidad. Y al mismo tiempo esta cumbre ha sido una ocasión para dar a conocer el ejemplo tunecino y el modelo del desarrollo de las TIC en Túnez y para atraer la inversión extranjera.

El objetivo principal de esta cumbre que en año 2015 se hará la conexión de todos los pueblos en todos los confines del mundo y se equipará todas las universidades, facultades, liceos segundarios, escuelas primarias, los centros científicos y de investigación, las bibliotecas públicas, los centros culturales, los museos, los centros sanitarios y los hospitales con esta tecnología [4].

2.3.1- El impacto de la cumbre Mundial en Túnez.

Después de la cumbre, Túnez empezó a dar más importancia a estas tecnologías animando a los representantes de los servicios locales para que tengan más poderes competitivos proporcionándoles un ámbito adecuado de organización, también diversifica los servicios según la oferta, el coste, la calidad y la diversidad y crea nuevos puestos de trabajo.

En 2005, se creó un centro de las informaciones de los jóvenes que es un centro tecnológico creado para facilitar el beneficio de las tecnologías de la información y el entrenamiento a las competencias. Este centro ofrece una formación a los profesores tecnológicos en más de 200 centros de jóvenes repartidos en todas las zonas y Juega un papel primordial en la coordinación entre 10 centros en Egipto, Túnez y Marruecos.

También se creó el complejo tecnológico de telecomunicación "el Ghazala" que se clasificó el 16 a escala internacional entre 42 polos: es un centro de creación de la inteligencia que recibe las inversiones extranjeras en el campo de las tecnologías de la información, también es un centro renovador en el empleo y en la creación de las profesiones [5].

2.3.2- Tic en la enseñanza.

Las nuevas tecnologías constituyen unos fuertes instrumentos para la enseñanza puesto que autorizan un acceso directo a los estudiantes y alumnos a fuentes documentales para sus investigaciones. Los programas educativos de simulación y de cálculo permiten a los estudiantes realizar "experimentaciones virtuales" y aprender cada uno según su ritmo.

Por la importancia que tienen las TIC en la enseñanza, el gobierno tunecino intensifica el esfuerzo de equipar todos los establecimientos escolares con material informático y su conexión con Internet, y fomenta la creación de programas pedagógicos y de contenido de multimedia educativos.

También, últimamente el ministerio de enseñanza superior ha empezado a animar una nueva tecnología didáctica el *e-learning* o la enseñanza a distancia que es la utilización de las nuevas tecnologías multimedia e Internet para mejorar la calidad de aprendizaje utilizando documentos escritos, ficheros auditivos y ficheros vídeos.

La tasa de la conexión en los liceos segundarios	100%
La tasa de la conexión en las clases preparatorias	40%
La tasa de la conexión en las escuelas primarias	10%
La tasa de la conexión en las universidades	100%

Tabla .1. Estadísticas sobre la tasa de la conexión Internet en Túnez [6].

2.3.3- Tic en la política.

Hemos relacionado siempre las NTIC con las tendencias socioeconómicas y su impacto sobre la economía, la industria y la administración; pero hoy en día las NTIC nos sorprenden por su gran influencia e impacto sobre la vida política y social y es el caso de la revolución tunecina del 14 de

enero del 2011. Es un ejemplo práctico y vivo y es un verdadero testimonio actual que refleja la contribución de las TIC en el desarrollo humano.

El éxito de la revolución del pueblo tunecino se debió en primer lugar a los jóvenes y a las nuevas tecnologías, así pues esta transición democrática se ha realizado gracias a la contribución del Internet y especialmente de la red de comunicación social "Factbook" en la circulación rápida de la información y en la propagación de los principios y las ideas revolucionarias de los jóvenes para liberar el país del sistema dictatorial en que se veía impregnado durante más de 20 años.

Las campañas de los jóvenes, las protestas, las huelgas, las novedades y las últimas noticias se propagaron de manera rápida, inmediata y eficaz entre todos los internautas para controlar la situación política en el país. Y esto facilitó mucho la organización de esta revolución que se coronó el día 14 de enero con la expulsión del presidente.

3. Conclusión.

Cuando navegamos por Internet podemos decir que disponemos de la más formidable biblioteca de documentos. Las TIC facilitan la repartición y la difusión de las informaciones que permiten mejorar el trabajo y que tienen un gran impacto sobre la productividad y la investigación puesto que facilitan el acceso a una información más pertinente.

El gobierno debe acentuar el esfuerzo de la investigación y del desarrollo e incitar al sector público, privado y sociedad civil a utilizar las TIC. Pero por los problemas y los peligros que pueden causar, es necesaria una cooperación entre los actores públicos, privados y sociedad civil para poder garantizar la seguridad de los ciudadanos (usuarios de las NTIC) y para instaurar un clima de confianza mediante una vigilancia rigurosa y permanente. Por ello hay que establecer un marco jurídico claro y transparente que fija las modalidades de la utilización de esas tecnologías porque para algunos Internet representa un espacio virtual donde no hay ningún tipo de control. Así pues, el esfuerzo público debe adjuntarse al esfuerzo privado para el resplandor internacional de nuestro país.

Agradecimiento.

Quiero dar mis más sinceros agradecimientos al comité de organización por haber aceptar mi trabajo y por la beca que me ha concedido para poder participar en este congreso. Muchas gracias

Referencias.

[1] Ministerio tunecino de Desarrollo y Cooperación internacional, Informe anual sobre el desarrollo del año 2004, Tunis (2004) (Lengua original: árabe).

[2] Allegui Nacer, Walid Abdallah, "la nueva estructura de las comunicaciones en Túnez y el desarrollo de la administración y los recursos humanos", la agencia nacional de la aprobación electrónica: http://www.ituarabic.org (Lengua original: árabe).

[3] Methneni Ridha, la sociedad de la información y el desarrollo ¿qué relación?, Centro de Publicación Universitaria, (2006), p.267. (Lengua original: árabe).

[4] Ídem.

[5] Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture (UNESCO) (2005), www.unesco.org

[6] Agence Tunisienne d'Internet (ATI): www.ati.tn

A Mutual Coupling Study of a novel antenna system design for UWB-MIMO applications

O. Aghzout[1], A. Naghar[1], O. El Mrabet[2], O.Chakkor[1], N. Raissouni[1], F. Falcone[3] & M. Essaaidi[2]

[1]National School of Engineering, ENSA. Abdelmalek Essaâdi University
[2]Electronics and Microwave Group, Abdelmalek Essaâdi University, Tétouan, Morocco.
[3]Millimeter and Terahertz Waves Laboratory, University of Navarre, Pamplona, Spain.
otman.aghzout@uae.ma

Abstract. Wireless communication networks represent a rapidly growing market in which MIMO communication approaches are deployed because they enable higher capacity, better reliability and a large number of supported users. MIMO techniques in wireless networks require more complex systems, but when the number of antennas in use increases, effects such as multi-antenna crosstalk will affect the propagating signals and the gain. This work describes a novel design of co-located antennas system for Ultra-Wideband MIMO applications to reduce the mutual coupling (crosstalk) between antennas. The effects of antenna polarization and techniques of miniaturization are also introduced. The proposed antennas system, designed is compact, easy to manufacture and low-cost.

Keywords: Crosstalk, Diversity antenna, MIMO Antenna Systems, UWB antenna.

1. Introduction

For many years, ultra-wide band (UWB) antennas have many applications in a widely communication systems with broadband and spread-spectrum features in different systems [1,2]. Ultra-wideband (UWB) is a very promising technology for short-range wireless communications [3,4] providing the opportunity of high data rate communications [5,6]. Recently, many new kind of ultra-wideband antenna have been studied [7,8]. However, very low transmitted power in UWB systems limits the applications to short range or to moderate data rate. Therefore, it is crucial to find some solution that will make the best possible use of radiated and received power, for the feasibility and future commercial success of UWB communication systems. In this context, research is carried out and MIMO has been found one of the best solutions [9,10]. MIMO technique in UWB systems will improve link robustness of UWB or data rate. But some challenges arise in designing of the MIMO antenna systems for UWB applications. These challenges include the miniaturization of the MIMO systems size, the mutual coupling [11] and the correlation between the elements of the antenna systems [12,13]. In 2002, the FCC regulated the UWB technology utilization for commercial applications in the US in the frequency range of 3.1–10.6 GHz. In context of UWB where the whole band approved by FCC is required to be covered in one shot, the design of antenna becomes challenging enough. Finally, proposed UWB-MIMO antenna systems in this are efficient in terms of diversity, radiations, size, etc.

The first objective of this paper is to propose a new compact ultra-wide band antenna, easy to design and integrate, good performance, low cost, very useful for MIMO antenna systems and operate within

the whole band approved by FCC. The second objective is to implement the proposed antenna to design a new MIMO antenna systems for UWB applications to face in part those challenges mentioned above.

2. Antenna design

The configuration of the proposed antenna shown in Fig. 1 consists of a rectangular patch of dimension 12.5 mm×16mm in the upper side of an FR4 substrate of thickness 1.6 mm and relative permittivity 4.4. A partial ground plane with a small slot in the lower side is introduced. The feed line was excited by RF source with impedance of $50\ \Omega$. The dimension of feed-line is set to 1.6 mm×8mm. The dimension for the substrate is 28mm×25mm and the width of the partial ground is characterized by Lg.

3. Effects of the geometry parameters

To design the UWB antenna, as a first step we have chosen a simple rectangular patch antenna with a full ground plane. The same dimensions mentioned above are reserved. The position of the feed-line is selected to be in the center of the substrate as shown in the Fig. 1. The return loss of the proposed UWB antenna with the variation of Lg is presented in Fig. 2.

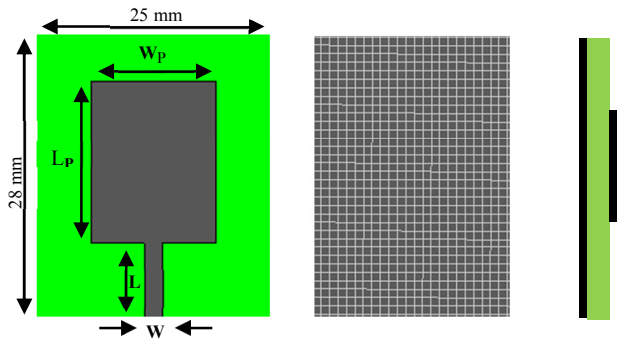
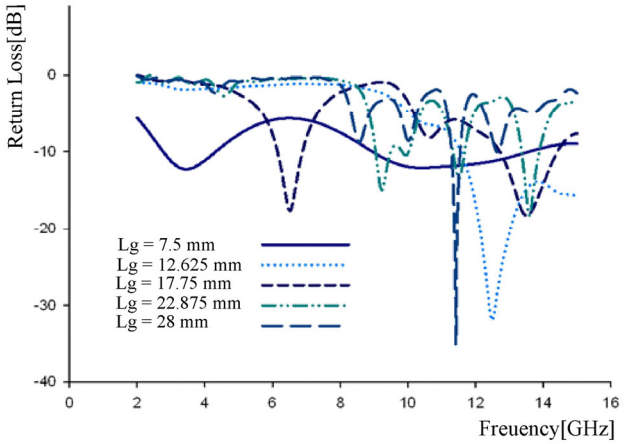


Fig. 1 Geometry of the simple rectangular patch antenna.

It is observed that the dimension of the ground plane have a big effect on the bandwidth as well as some band reject phenomena also observed. By maintaining the partial ground at Lg = 7.5mm. The slot aperture in the partial ground shows that the results will be better in terms of the bandwidth, see Fig. 3.

Fig.2 Simulated return loss in dB for different ground plane value



In addition, we maintain the same structure as in Fig. 1 with a partial ground with Lg = 7.5 mm and we implement apertures in the upper and lower conductors as seen in Fig. 3.

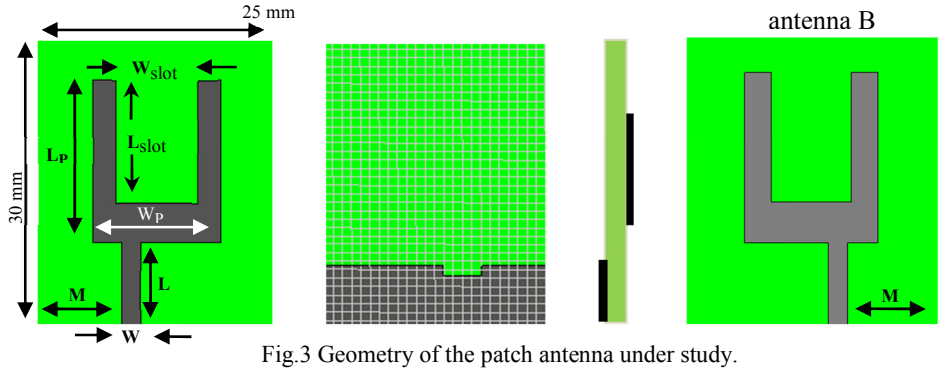


Fig.3 Geometry of the patch antenna under study.

The return loss of the mentioned antenna A with the different values of M parameter from the edge of the substrate is shown in Fig. 4 [a]. As it can be seen, the bandwidth is highly influenced by the position of the feed line from the edge. The ultra-wide band operation is obtained for M=9.1 mm parameter which the feed is not symmetric, that is, asymmetric feed line results ultra wideband performance.

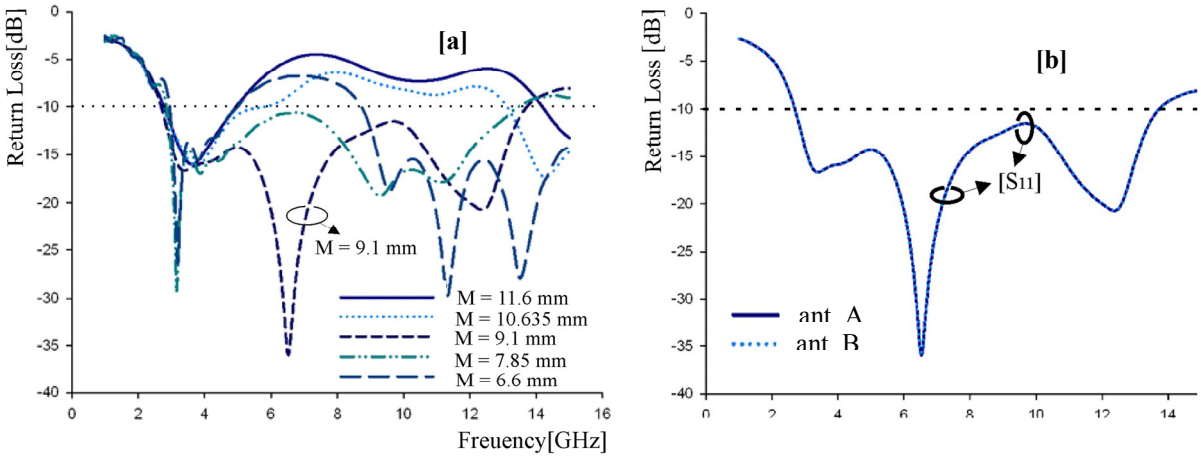
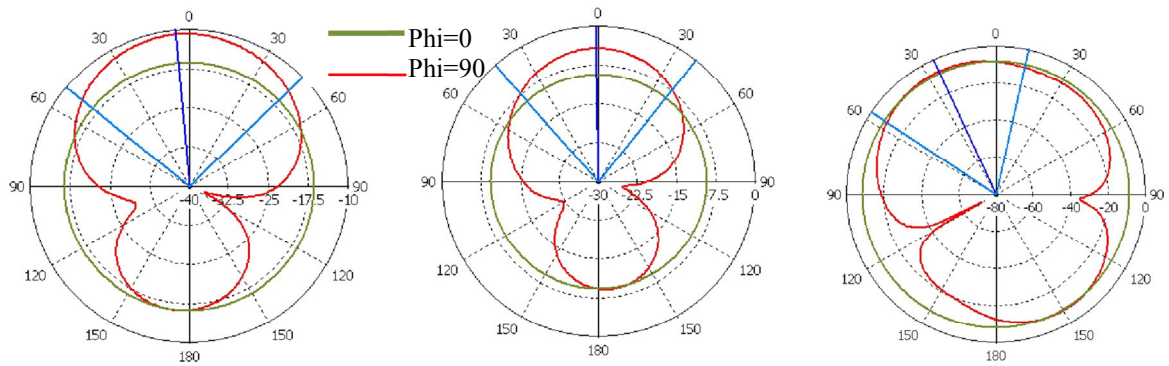


Fig. 4 Simulated return loss in dB demonstrate that the best performance is obtained for M=9.1mm from the substrate edge

The Return Loss presented in Fig.4 [b] is obtained by the antenna B this proves that the Return Loss obtained by both antennas *A and B* with different Feed lines location deal with the same results. This consequence as can be seen will be a useful new technique to reduce the mutual coupling in the proposed UWB-Antenna for MIMO system.

Fig. 5 Radiation patterns of proposed antenna at 5, 7 and 9 GHz respectively (Theta cuts for 0° and 90°)



Many authors have proposed different types of MIMO antenna systems for UWB applications. The designed systems show good impedance characteristics in the frequency band of 3.1-10.6 GHz, thus fulfilling the FCC requirements for UWB communications. Other antenna systems are presented that consist of many techniques to reduce the mutual coupling between antennas in MIMO antenna systems. It was being learnt that various placement of antennas causes much coupling between the elements and strength the MIMO antenna systems to have a big dimensions. Therefore, in this work, our previous UWB antenna it will be considered as an excellent antenna to be implemented in MIMO systems. Some techniques also are being used to reduce the mutual coupling. This results in compact antenna systems easy to integrate and low cost. The distance *d* between adjacent elements is optimized to attain as low mutual coupling as possible.

In addition, two geometrical systems design have been studied, when the antenna elements have been placed with 0° and 180° position on a single substrate. The isolation when the both antennas have the same polarization is being improved by using different location of the feed lines. The slots in the ground plane between the antennas are not introduced in this work.

5. Analysis and discussions

The selection of our proposed UWB antenna to design MIMO antenna systems can be justified by their good performance, small size, ease of integration and low cost. As a first case, a compact antenna system comprising two identical patch elements has been proposed and placed with 0° position on a single substrate as shown in Fig. 6. From many works in literature it was being learnt that parallel placement of identical elements causes much coupling between the elements. Hence, a simple and additional technique is being introduced to prove that the mutual coupling can be reduced. This technique is based in the location of the feed lines. We proved that the Return Loss is the same for the both antennas A and B. This results in a direct effect on the mutual coupling. Fig.6 proves that the mutual coupling for different distance *d* between the antenna elements can be reduced if antennas system design for UWB-MIMO of *system C* is used. The distance *d* between adjacent elements is optimized to attain as low mutual coupling as possible.

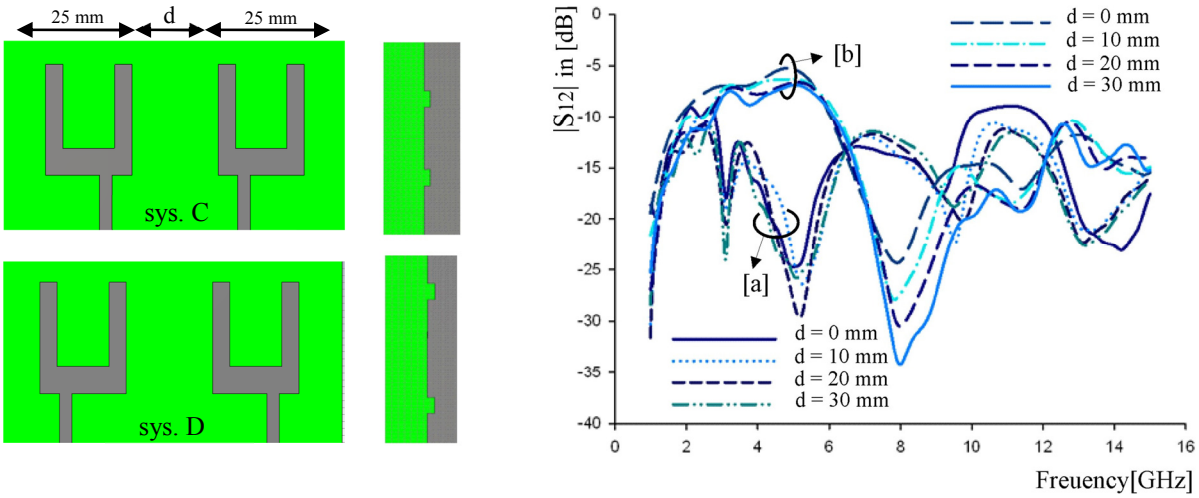


Fig.6 Simulated mutual coupling for UWB-MIMO antenna system with two identical radiating elements placed with 0^0 positions

It's observed in Fig. 6 that for all of the chosen values of *d* the mutual coupling of MIMO antenna systems of *system C* is less than -10dB and as the distance *d* between the antenna systems increases the mutual coupling will be more and more minimal.

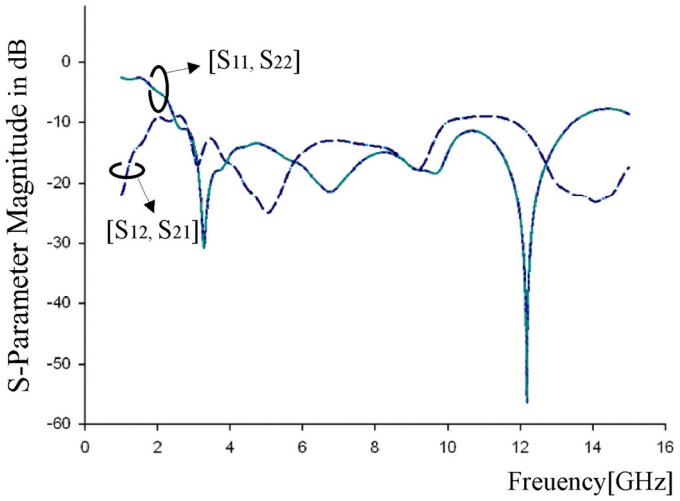


Fig.7 Simulated S-Parameter Magnitude in dB for UWB-MIMO antenna systems with two identical radiating elements placed with 0° position

The mentioned proposed systems are not pertinent to some specific application and are generally applicable to any type of UWB wireless communication systems using MIMO techniques with feed line positioned at an arbitrary position. Many authors are implemented a slot in the ground to prove that the mutual coupling can be reduced. That technique stills always applicable in our MIMO antenna systems to reduce even more the mutual coupling between antenna elements. The proposed antenna systems *system C* have a good impedance matching in the range of frequency of interest i.e. 3.1–10.6 GHz. Fig. 7 shows S-Parameters magnitude in dB for both elements in antenna system proposed in antenna *systems C*. It can be noticed that S_{11} is equal to the S_{22} i.e. symmetry does exists due to 0° position of the elements.

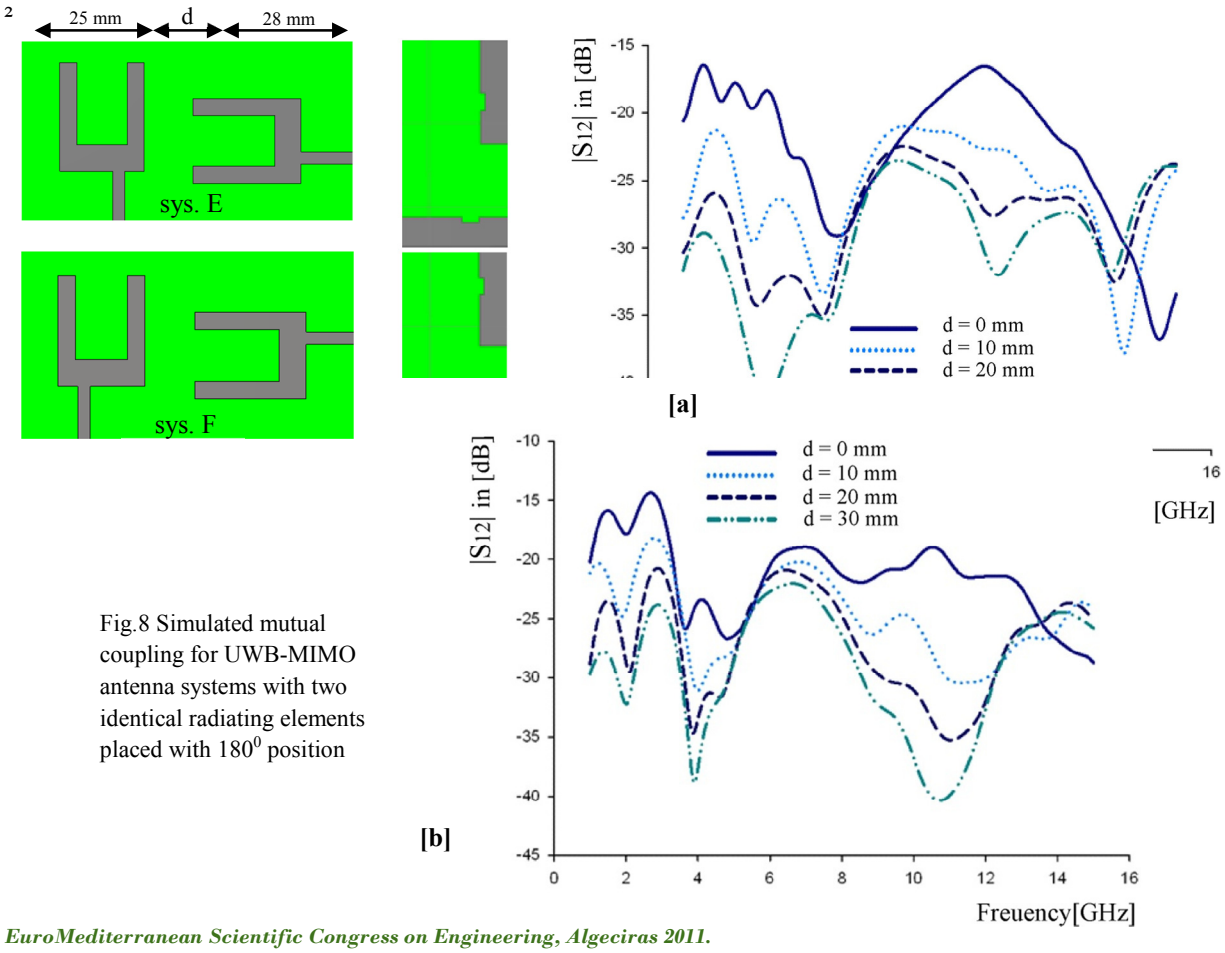


Fig.8 Simulated mutual coupling for UWB-MIMO antenna systems with two identical radiating elements placed with 180^0 position

In the next case, the same compact antenna system comprising two identical patch elements has been proposed and placed with 180° position on a single substrate as shown in the antenna systems *E and F*. To optimize the distance between adjacent elements, the isolation is being improved by exciting the elements in orthogonal polarization. The new U-shaped antennas geometry implemented in the system provide also a minimal coupling due to the distribution of the current density along the radiated elements thanks to the geometry position of the feed lines technique. In Fig. 8 we can observe that the mutual coupling for the antenna system presented in Fig. 8 [a] decreases with the distance *d* and is always under -15dB which is not the case for Fig. 8 [b]. Fig. 9 also shows the simulated results with *d=10 mm* for the MIMO antenna system presented in *system E* for 180° position. It's clear that the fed location technique implemented above to reduce the mutual coupling provide good results. A 2.4–13.7-GHz frequency range below -10 dB of S-Parameters Magnitude is obtained. The mutual coupling is always less than -20 dB because both antennas of the proposed MIMO antenna systems have dominant radiating components in vertical and horizontal.

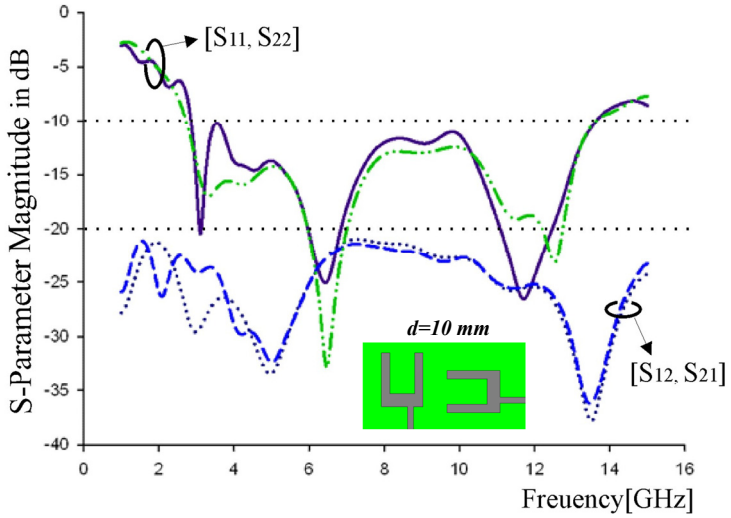
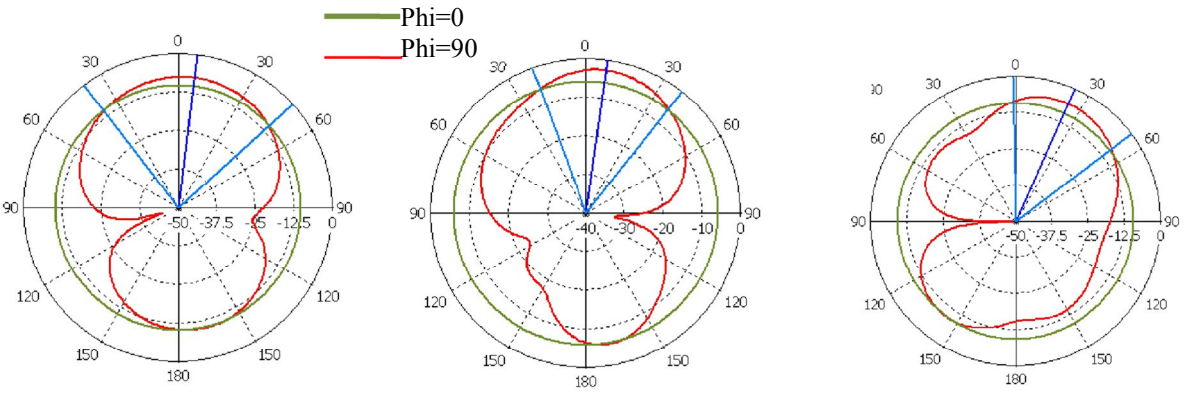


Fig.9 Simulated S-Parameter Magnitude in dB for UWB-MIMO antenna system with two identical radiating elements placed with 180° position

Fig.10 Radiation patterns of proposed antenna at 5, 7and 9 GHz (Theta cuts for 0° and 90°) for the UWB-MIMO system at the 180° position



6. Conclusion

The design of antenna and MIMO systems combined with UWB systems has been presented and discussed. A U-shaped planar UWB antenna has been proposed and investigated in details with the objective to be implemented in the system to reduce the mutual coupling MIMO antenna systems. The behavior of MIMO antenna system is influenced by the adjacent distance, geometry of radiating elements, the slot insertion in the ground plane and the type of polarization. The analysis results show that U-shaped planar UWB antenna parameters for MIMO systems and techniques can be used for optimizing the mutual coupling for UWB-MIMO applications by an efficient choice of the feed lines position.

Acknowledgment

This work was supported by EuroMediterranean Scientific Congress on Engineering, Algeciras 2011

References

[1] A. Sibille, "A statistical approach to account for terminal variability in radio access simulators," TD(09)733, COST 2100 MCM,Braunschweig, Germany, February 16-18, 2009.

[2] Najam, Ali Imran Duroc, Yvan Leao, Joab F. A. Tedjini, Smail, "A novel co-located antennas system for UWB-MIMO applications", Radio and Wireless Symposium, 2009. RWS '09. IEEE Jan. 2009, pages: 368 – 371, San Diego, CA.

[3] R. D'Errico, A. Sibille, A. Giorgetti, and M. Chiani, "Antenna diversity in UWB indoor channel," in *IEEE International Conference on Ultra-Wideband, 2008. ICUWB 2008*, vol. 2, 2008.

[4] C. Roblin and R. D'Errico, "Statistical Analysis of a Parametric Model of a "population" of UWB Antennas," 3rd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 23-27 March 2009.

[5] R. D'Errico, C. Roblin, and A. Sibille, "A statistical analysis of antenna scattering in UWB arrays," 3rd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), 23-27 March 2009.

[6] Federal Communication Commission (FCC). Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems. First report and order, ET Docket 98-153, FCC 02-48, adopted: Feb. 2002, released in April 2002.

[7] H. Xu and L. Yang. Ultra-wideband technology: Yesterday, today and tomorrow. Radio and Wireless Symposium, 2008 IEEE, pp. 715-718, Jan. 2008.

[8] R. D'Errico and A. Sibille, "Single and Multiple Scattering in UWB Bicone Arrays," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2008.

[9] T. Svantesson, "Correlation and channel capacity of MIMO systems employing multimode antennas," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 51, no. 6, pp. 1304–1312, 2002.

[10] A. Molisch, M. Win, and J. Winters, "Capacity of MIMO systems with antenna selection," *Communications, 2001. ICC 2001. IEEE International Conference on*, vol. 2, 2001.

[11] T. Svantesson and A. Ranheim, "Mutual coupling effects on the capacity of multielement antennasystems," *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001. Proceedings.(ICASSP'01). 2001 IEEE International Conference on*, vol. 4, 2001.

[12] C. Waldschmidt, J. Hagen, and W. Wiesbeck, "Influence and modeling of mutual coupling in MIMO and diversity systems," *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2002. IEEE*, vol. 3, 2002.

[13] R. Ramirez and F. De Flaviis, "A mutual coupling study of linear and circular polarized microstrip antennas for diversity wireless systems," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol. 51, no. 2, pp. 238–248, 2003.

New E-Shaped Ultra-Wideband Patch Antenna Design for MIMO Systems

O. Aghzout[1], J. Naghar[1], O. El Mrabet[2], O.Chakkor[1], N. Raissouni[1], F. Falcone[3] & M. Essaaidi[2]

[1]National School of Engineering, ENSA. Abdelmalek Essaâdi University
[2]Electronics and Microwave Group, Abdelmalek Essaâdi University, Tétouan, Morocco.
[3]Millimeter and Terahertz Waves Laboratory, University of Navarre, Pamplona, Spain.
otman.aghzout@uae.ma

Abstract. The feasibility and future commercial success of UWB communication systems demand some solutions to improve the use of radiated and received power, because very low transmitted power in UWB systems limits theirs applications. In this context it will be found that MIMO is one of the best solutions. MIMO technique in UWB systems will improve link robustness ofUWB or data rate. But some challenges arise in designing of the MIMO antenna systems for UWB applications. These challenges include the reduction of the mutual coupling and the correlation between the elements of the antenna systems. In this paper, new and efficient UWB-MIMO antenna systems for the frequency band of 3.1–10.6 GHz are proposed to face these challenges. Details of the proposed antenna design and simulated results are presented by *CST microwave* studio simulator.

Keywords: UWB patch antennas, Diversity antenna, mutual coupling, MIMO, planar antenna.

1. Introduction.

Currently the Wireless communication has a particular importance in our daily existence. The antenna is an essential part of any wireless system as it is the component providing transition between a guided wave and a free-space wave. The demand for this type of antenna communications increase more and more in the commercial market [1]. In future short-range wireless communications, Ultra Wideband is an emerging technology production cost, conformability and easy in fabrication and integration with wireless technologies equipments [2, 3]. UWB brings the convenience and mobility of wireless communications to high speed connections for various devices and applications [4]. However, very low transmitted power in UWB systems limits the applications to short range or to moderate data rate. Therefore, it is crucial to find some solution that will make the best possible use of radiated and received power, for the feasibility and future commercial success of UWB communication systems. In this context, research is carried out and MIMO has been found one of the best solutions [5, 6, 7]. MIMO technology processing has emerged as a breakthrough for wireless systems of revolutionary importance [8, 9]. It exploits multi-path to provide higher data throughput, and simultaneous increase in range and reliability all without consuming extra radio frequency. All wireless technologies face the challenges of signal fading, multi-path, increasing interference and limited spectrum, in this way the design of antenna becomes challenging enough [10, 11]. The prospects of future UWB-MIMO

communication systems are always growing; however, the future wireless systems using UWB technology involve many new challenges, especially, related to the design of UWB antennas

The main objective of this paper is to propose a new design of an E-Shaped UWB-Antenna with small size, low cost and easy for integration circuits. Techniques of miniaturization are also introduced. On the other hand the proposed antenna will be used to design new MIMO antenna systems for UWB applications. The mutual coupling effect between multiple antennas of a 2x2 MIMO system is also studied. The simulation is performed using the commercially available simulation software CST Microwave Studio.

2. Antenna structures and design.

The basic E-Shaped antenna shown in Fig. 1 is constructed by cutting two rectangular slots at the edges on a rectangular patch of thickness Hg =1mm. All is printed on a substrate with a relative permittivity of 2.2 and thickness of 3.2 mm. A partial ground plane in the lower side is introduced. The antenna is fed by a coaxial probe with 50 Ω input impedance. The optimized dimensions in millimeters of the proposed E-Shaped antenna are given as follow: L_s =W_s=20, W_p= 15, L_p=14, W_f=3, L_c=2.5mm and W_c=3.5mm. We maintain the coaxial feed point in an arbitrary position. It is observed that the dimension of the ground plane have a big effect on the bandwidth.

Now, the feed point is taken at the distance of (x_f, y_f) = (15.5mm, 13.5mm) from the edges of the ground plane. Fig. 2 shows that for L_g = 9.5mm the bandwidth is widely extended.

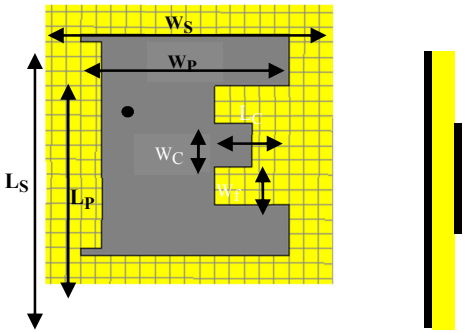


Fig. 1 Geometry of the basic E-Shaped Antenna under study.

3. Simulation and results.

The new E-shaped patch antenna is designed and simulated by the CST Microwave Studio software. The simulation results of the return loss it can be shown in Fig. 2. The simulated input impedance bandwidth for which the return loss is greater than 10 dB is 3.97 GHz from 5.33 to 9.3 GHz, which is suitable for ultra-wideband communications.

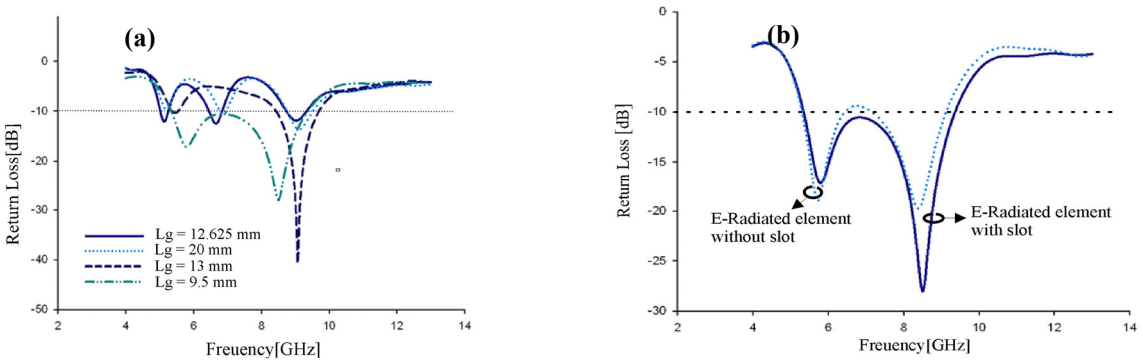


Fig.2 Simulated return loss in dB for different ground plane value

Fig.2 (b) shows the Return Loss for the proposed antenna with and without the slot. It can be seen that the introduction of the slot have an efficient influence on behavior of the bandwidth. In particular, is the parameter which has been optimized to obtain the desirable bandwidth. It is clear that the lower and the upper of the Return Loss form will change when the slot is introduced, thus the bandwidth shifts towards low S_{11} values.

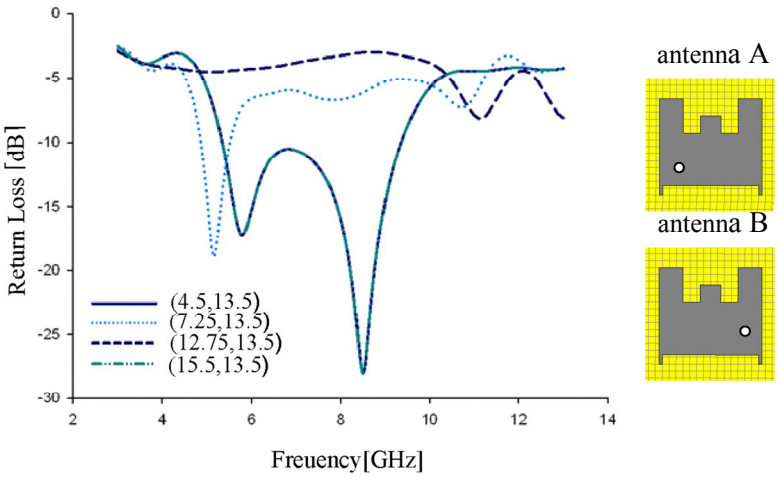


Fig.3 Simulated return loss in dB for different coaxial feed probe position (x_f , y_f).

The patch is fed by a coaxial probe at position (x_f , y_f). It can be shown in Fig.3 that the Return Loss obtained by the coaxial fed probe position (x_f *=4.5mm*, y_f=13.5mm) for the antenna A and (x_f *=15.5mm*, y_f=13.5mm) position for the antenna B respectively have the same behavior. These results prove that the Return Loss obtained by two identical antennas with symmetric coaxial fed probe position must deal with the same results. This consequence as can be seen will be a useful new technique to reduce the mutual coupling in the proposed UWB-Antenna for MIMO systems.

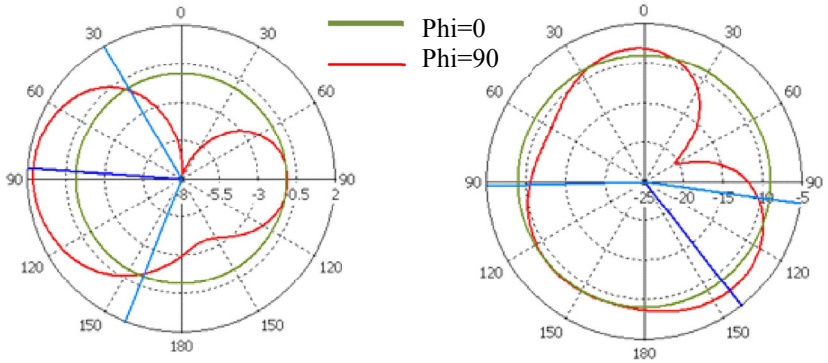


Fig. 4 Radiation patterns of the proposed antenna at 5 and 8 GHz respectively (Theta cuts for 0° and 90°).

4. Design and structure of UWB-MIMO antenna.

In the literature it can be found many papers who studied in detail different type of UWB antennas and MIMO antenna systems. But very few papers have been presented on the design and the

characterization of MIMO antennas for UWB applications.

In this context, one of the aims of this paper is to propose several designs of MIMO antenna systems for UWB applications. The designed systems show good impedance characteristics in the frequency band of 3.1-10.6 GHz, thus fulfilling the FCC requirements for UWB communications [12]. These systems also have very low mutual coupling and correlations, so they provide good diversity performance. The MIMO antenna systems under study are composed of either identical E-shaped patch antenna presented in different situations and positions. Between these situations may be presented we consider the case where a compact antenna system comprising two identical patch elements placed with 180° position on a single substrate as seen in Fig. 5.

Fig. 5 shows that the orthogonal placement of identical elements causes low mutual coupling between the elements. Hence, a simple and additional technique based in changing the coaxial fed probe positions can be introduces to reduce even more the mutual coupling. We can observe also that the distance *d* between adjacent elements can be is optimized to attain as low mutual coupling as possible.

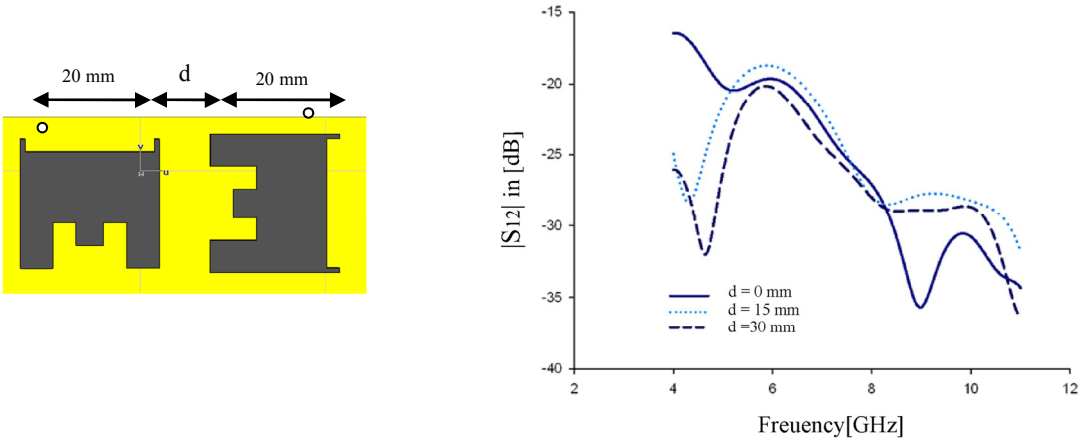


Fig.5 Simulated mutual coupling for UWB-MIMO antenna system with two identical radiating elements placed with 180^{0} positions

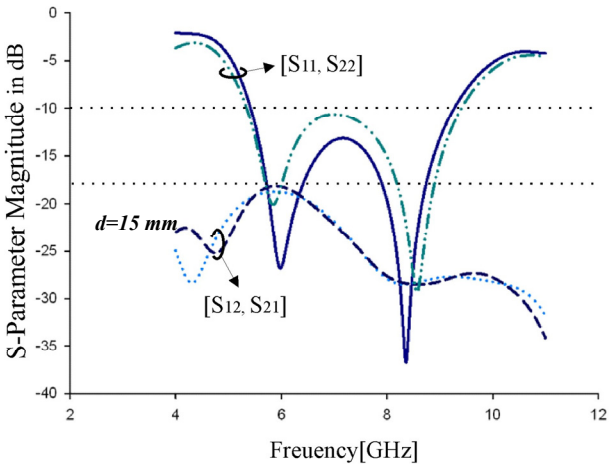
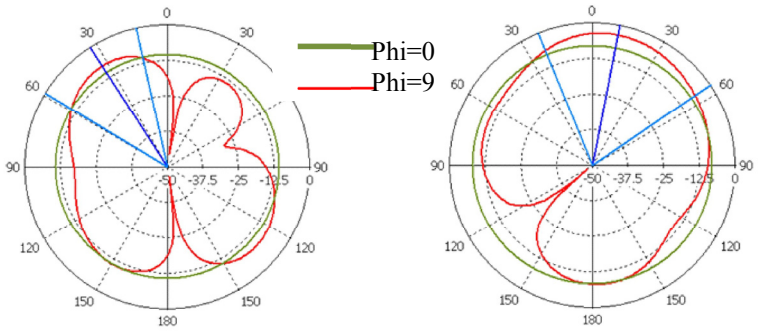


Fig.6 Simulated S-Parameter Magnitude in dB for UWB-MIMO antenna system with two identical radiating elements placed with 180° position

Many authors are implemented a slot in the ground to prove that the mutual coupling can be reduced. That technique stills always applicable in our MIMO antenna systems to reduce even more the mutual

coupling between antenna elements. Fig. 6 illustrates the S-Parameters magnitude in dB for both elements of the proposed MIMO antenna systems. It can be noticed that S_{11} is not equal to the S_{22} i.e. symmetry does not exists due to the coaxial fed positions. It can be seen also that the proposed antenna systems have a good impedance matching in the range of frequency of interest i.e. 3.1–10.6 GHz (5.3GHz-9.4GHz) which is very suitable for ultra-wideband communications for MIMO-systems. In the same way it shown that for all of the chosen values of *d* the mutual coupling is less than -18dB. When the distance *d* increases the mutual coupling will be more and more minimal. The mentioned proposed systems are not pertinent to some specific application and are generally applicable to any type of UWB wireless communication systems using MIMO techniques with feed line positioned at an arbitrary position.

Fig.7 Radiation patterns of proposed antenna at 5 and 8 GHz (Theta cuts for 0° and 90°) for the UWB-MIMO system at the 180° position



5. Conclusion.

A new ultra wide band compact E-Shaped antenna is presented and discussed. It can be clearly noticed that for a symmetrical coaxial fed probe position the Return Loss results S_{11} and S_{22} are the same behavior. The MIMO systems combined with UWB systems has been also presented and discussed. A new and efficient technique to choose the coaxial fed probe position for MIMO antenna systems is investigated with the objective to reduce the mutual coupling. The analysis results show that E-shaped planar UWB antenna parameters for MIMO systems using this new technique can optimize the mutual coupling for UWB-MIMO applications.

Acknowledgment.

This work was supported by Euromediterranean Scientific Congress on Engineering, Algeciras 2011

References.

[1] R. D'Errico and A. Sibille, "Single and Multiple Scattering in UWB Bicone Arrays," *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2008.

[2] Olli Luukkonen, Pekka Ikonen and Sergei Tretyakov. ''Microstrip antenna miniaturization using partial dielectric material filling'', Microwave and Optical Technology Letters Volume 49, Issue 1, pages 155–159, January 2007.

[3] H. Xu and L. Yang. Ultra-wideband technology: Yesterday, today and tomorrow. Radio and Wireless Symposium, 2008 IEEE, pp. 715-718, Jan. 2008.

[4] R. D'Errico, A. Sibille, A. Giorgetti, and M. Chiani, "Antenna diversity in UWB indoor channel," in *IEEE International Conference on Ultra-Wideband, 2008. ICUWB 2008*, vol. 2, 2008.

[5] M. A. Jensen, J. W. Wallace, "A review of antennas and propagation for MIMO wireless communications", IEEE Trans. Antennas Propagation., vol. 52, pp. 2810-2824, Nov. 2004.

[6] T. Svantesson, "Correlation and channel capacity of MIMO systems employing multimode antennas," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, vol. 51, no. 6, pp. 1304–1312, 2002.

[7] A. Molisch, M. Win, and J. Winters, "Capacity of MIMO systems with antenna selection," *Communications, 2001. ICC 2001. IEEE International Conference on*, vol. 2, 2001.

[8] Najam, Ali Imran Duroc, Yvan Leao, Joab F. A. Tedjini, Smail, "A novel co-located antennas system for UWB-MIMO applications", Radio and Wireless Symposium, 2009. RWS '09. IEEE Jan. 2009, pages: 368 – 371, San Diego, CA.

[9] T. Svantesson and A. Ranheim, "Mutual coupling effects on the capacity of multielement antennasystems," *Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001. Proceedings.(ICASSP'01). 2001 IEEE International Conference on*, vol. 4, 2001.

[10] C. Waldschmidt, J. Hagen, and W. Wiesbeck, "Influence and modeling of mutual coupling in MIMO and diversity systems," *Antennas and Propagation Society International Symposium, 2002. IEEE*, vol. 3, 2002.

[11] R. Ramirez and F. De Flaviis, "A mutual coupling study of linear and circular polarized microstrip antennas for diversity wireless systems," *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, vol. 51, no. 2, pp. 238–248, 2003.

[12] Federal Communication Commission (FCC). Revision of part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems. First report and order, ET Docket 98-153, FCC 02-48, adopted: Feb. 2002, released in April 2002.

JE-TLM study on Back Scattering of Conducting Sphere Coated with cold plasma

R. Abrini[1], M. Iben Yaich [1] and M. Khalladi [1]
[1] Electronics and Microwaves Research group (EMG), Laboratory Systems of Information and Telecommunications (LaSIT), Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaadi University,
P.O. Box: 2121, Tetouan 93000 Morocco,
Email: rachid.abrini@gmail.com

Abstract. The electromagnetic wave propagation in plasma media is modelled using JE-TLM technique based on the dependence of the current density J and the electric field E, and the derivation of the ordinary differential equations (ODE) by the exponential fitting method. The transmission line matrix (TLM) Model uses the standard symmetrical condensed node (SCN) with 12 principal ports and 3 additional ports in which we incorporate voltage sources to model the dispersive behaviour of cold plasma media. The three dimensional (3-D) JE-TLM formulations for plasma are derived. By comparing with the Mie series solution, the numerical verification of the method and program are confirmed by computing the back scattering of an isotropic unmagnetized plasma sphere. The backscattered radar cross section (RCS) of perfectly conducting sphere covered by homogeneous plasma is calculated.

Keywords: Cold plasma, JE-TLM technique, Radar cross section (RCS).

1. Introduction.

The transmission line matrix (TLM) with the symmetrical condensed node (SCN), has been widely used to simulate the transient solutions of electromagnetic problems involving the analysis and design of microwave structures, many other engineering applications and the electromagnetic wave propagation in various media. Using different formulations, this method can model successfully electromagnetic waves propagation in several dispersive media [1–4]. The approach JE-TLM is based on the standard SCN and 3 additional ports used as voltage sources, and exploits the relation between the current density J and electric field E of the media [5].

Interactions between electromagnetic radiation and ionized gas have been extensively studied for a variety of purposes, including the possible concealment of aircraft from radar that plasma stealth theorizes. Various methods might plausibly be able to produce a layer or cloud of plasma around an airframe. When electromagnetic waves, such as radar signals, propagate into plasma, ions and electrons are displaced as a result of the time varying electric and magnetic fields, some energy may be permanently absorbed and this is the key to plasma stealth and reduction of radar cross section (RCS) [6].

The model JE-TLM is applied to study the back scattering of conducting sphere coated with cold homogeneous plasma, using the near-zone to far-zone transformation approach based on the equivalence principle. The obtained results, for different value of the thickness of plasma, are compared with the Mie series solution. The aim of the study is to determine the effect of plasma on RCS.

2. Formulation.

For cold plasma media, the polarization current density J is related to the electric field E by the relation [7]:

$$\frac{\partial J}{\partial t} + \nu_c = \varepsilon_0 \omega_p^2 E \tag{1}$$

where ε_0 is the dielectric permittivity of vacuum, ω_p is the angular frequency of plasma and ν_c is the electrons collision frequency.

There are many different techniques for numerical discretization of (1). To obtain more accurate numerical solutions, the exponential fitting method is used [8]. The application of this technique gives:

$$J_{n+1} = e^{-\nu_c \Delta t} J_n + \frac{\varepsilon_0 \omega_p^2}{\nu_c^2 \Delta t}\left[(\nu_c \Delta t + e^{-\nu_c \Delta t} - 1)E_{n+1} + \left(1 - e^{-\nu_c \Delta t}(1 + \nu_c \Delta t)\right) E_n\right] \tag{2}$$

The TLM's formulation, based on the use of the current density J, is developed from the propagation laws of electromagnetic waves of Maxwell - Ampere which implicitly contain the current density given by (2), these equations are:

$$\nabla \times E(t) = -\mu_0 \frac{\partial H(t)}{\partial t} \tag{3}$$

$$\nabla \times H(t) = \varepsilon_0 \frac{\partial E(t)}{\partial t} + J(t) \tag{4}$$

where E and H are the electric and magnetic field respectively, μ_0 is the magnetic permeability of vacuum. The electromagnetic fields (E, H) are equivalent to the electric quantities (V, I) used by the transmission line matrix method TLM. This equivalence is governed by the following relations:

$$E = \frac{V}{\Delta l} \tag{5}$$

$$H = \frac{V}{Z_0 \Delta l} \tag{6}$$

where Z0 is the impedance of free space. Thus, the discretization of (3) and (4) in a regular network of step Δl, the use of (5) and (6) and the application of the laws of charge conservation in the symmetrical

condensed node with additional ports, give the following expressions of the total fields at (n+1)Δt instant:

$$\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}_{n+1} = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} V_1^i + V_2^i + V_{12}^i + V_9^i \\ V_3^i + V_4^i + V_{11}^i + V_8^i \\ V_5^i + V_6^i + V_{10}^i + V_7^i \end{pmatrix}_{n+1} + \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 0.5 \times V_{sx} \\ 0.5 \times V_{sy} \\ 0.5 \times V_{sz} \end{pmatrix}_{n+1} \tag{7}$$

$$\begin{pmatrix} I_x \\ I_y \\ I_z \end{pmatrix}_{n+1} = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} V_4^i - V_5^i + V_7^i - V_8^i \\ V_6^i - V_2^i + V_9^i - V_{10}^i \\ V_1^i - V_3^i + V_{11}^i - V_{12}^i \end{pmatrix}_{n+1} \tag{8}$$

The pulses (Vsx, Vsy, Vsz) are considered as sources of voltage modelling the dispersive properties of the non-magnetized plasma. They are injected into ports 13, 14 and 15 of the SCN. They are calculated from the following expressions:

$$\begin{pmatrix} V_{sx} \\ V_{sy} \\ V_{sz} \end{pmatrix}_{n+1} = -\begin{pmatrix} V_{sx} \\ V_{sy} \\ V_{sz} \end{pmatrix}_{n} - 2Z_0(\Delta l)^2 \begin{pmatrix} J_x \\ J_y \\ J_z \end{pmatrix}_{n+1} \tag{9}$$

The current densities (Jx, Jy, Jz) at the instant (n+1)Δt are calculated directly from (2). They are given by:

$$\begin{pmatrix} J_x \\ J_y \\ J_z \end{pmatrix}_{n+1} = e^{-\nu_c \Delta t}\begin{pmatrix} J_x \\ J_y \\ J_z \end{pmatrix}_{n} + \left(\frac{2\omega_p}{\upsilon_c}\right)^2 \left[A\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}_{n} + B\begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}_{n-1} \right] \tag{10}$$

where:

$$\begin{aligned} A &= \nu_c \Delta t + e^{-\nu_c \Delta t} - 1 \\ B &= 1 - e^{-\nu_c \Delta t}(1 + \nu_c \Delta t) \end{aligned} \tag{11}$$

The implementation of the JE-TLM algorithm is based on the recursive calculation of the current density J_{n+1} given by (10), the update of the voltage sources from (9), the determination of the reflected pulses in the symmetrical condensed node's lines and finally the connection process of the adjacent nodes of the TLM method's network.

3. Numerical results.

3.1. Numerical verification.

To demonstrate the validity of the JE-TLM formulation and program for plasma media, Figure 1 shows the Backscattered RCS of isotropic unmagnetized plasma sphere of radius a=3.75mm, obtained by the JE-TLM approach and the near-zone to far-zone transformation approach based on the equivalence principle [9], compared with the Mie series solutions. The TLM Network considered is of (60, 60, 60) cubic cells of side Δl and the non-magnetized plasma sphere is of radius 20 Δl. The parameters of the plasma are ν_c=2.01E10 rad/s, ω_p=2π× 28.7E9 rad/s. Normally incidence on plasma sphere, the incident wave used in the simulation is a Gaussian pulsed plane wave, with spread parameter of 2.25E11 s−1.

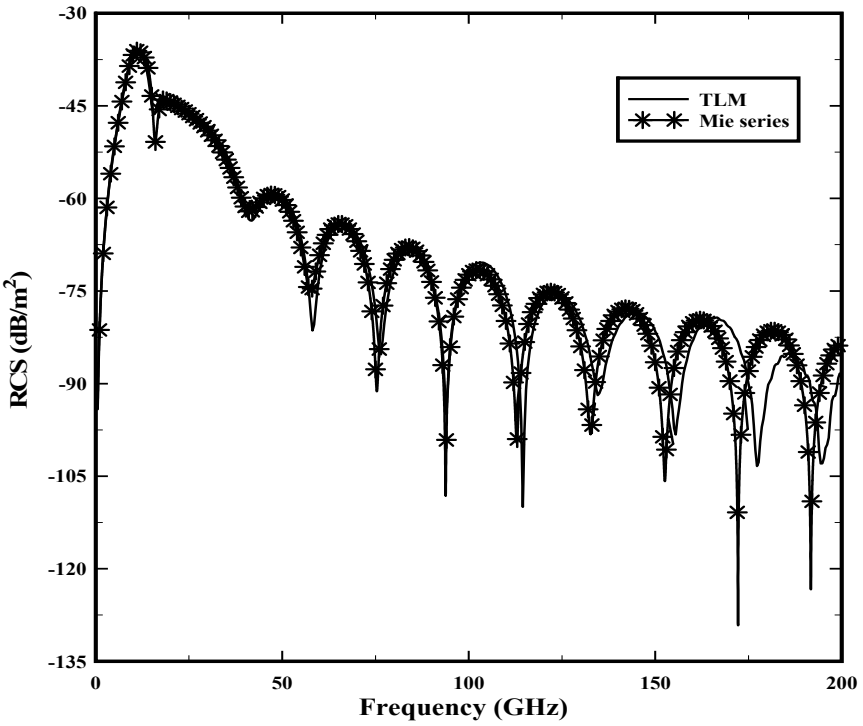


Fig. 1 Backscattered RCS versus frequency for a plasma sphere of radius 3.75mm

It is easily seen from Fig. 1 that the JE-TLM result shows a good agreement with that obtained by Mie series.

3.2. The RCS of conducting sphere coated with cold plasma.

The backward scattering of conducting sphere coated with cold plasma is influenced by many factors, such as plasma frequency, damping frequency, depth of plasma media and electromagnetic wave frequency. However, in this section we discuss the effect of thickness of the plasma on the RCS. Figure 2 depicts the backscattering RCS versus frequency, obtained by JE-TLM of a conducting sphere of radius a=3.75mm coated with cold plasma with the same parameters of 3.1, d is the thickness of plasma.

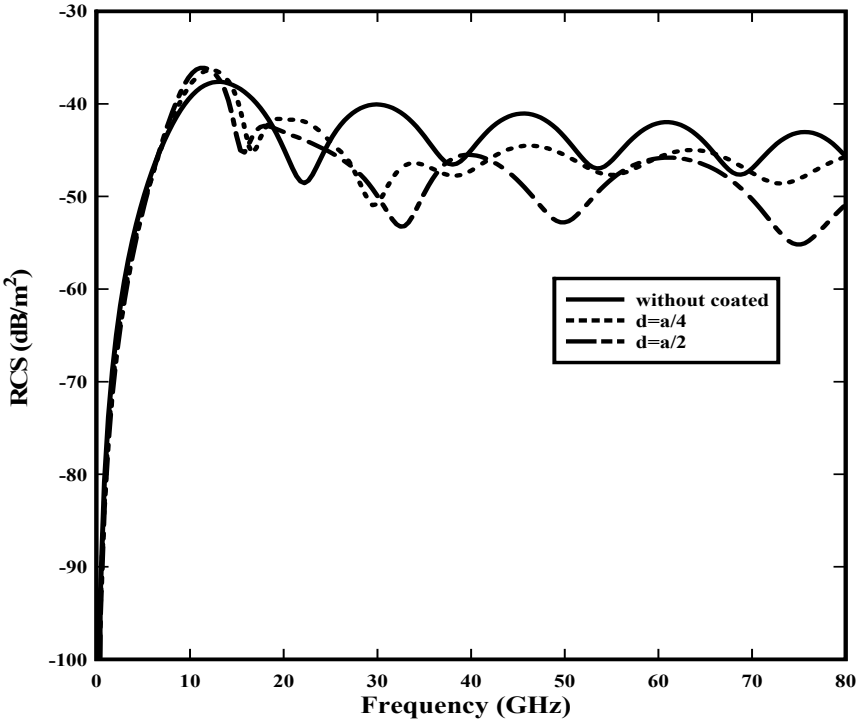


Fig. 2 Backscattered RCS of conducting sphere covered with homogeneous plasma.

It is clear from Fig. 2 that when the electromagnetic (EM) wave frequency f<25GHz, the plasma can increase RCS. Physically, this can be explained on the basis that isotropic plasma acts as a high-pass filter. Namely, EM wave frequencies above the plasma frequency constitute a pass band, and frequencies below the plasma frequency constitute a stop band. Alternatively, when the EM wave frequency 25<f GHz, the plasma enormously reduce the RCS. We also can see from these plots that the amount of RCS decreases with an increasing thickness of plasma.

4. Conclusions.

The JE-TLM is applied to cold plasma media. The 3-D JE-TLM formulations for plasma are derived and validated by the back scattering of an isotropic unmagnetized cold plasma sphere. The JE-TLM approach is applied to study the RCS of a perfectly conducting sphere covered with plasma. Numerical results indicate that plasma can successfully reduce RCS. It is also shown that the RCS of the conductive sphere covered with plasma depends on many factors such as the thickness of plasma and the frequency of plasma.

References

[1] L. R. A. X. de Menezes and W. J. R. Hoefer, “Modeling of general constitutive relationships in SCN TLM”, IEEE Trans. Microwave Theory Tech, 1996, pages (pp. 854-861).

[2] J. Paul, C. Christopoulos and D. W. P. Thomas, "Generalized material models in TLM-Part1: Materials with frequency-dependent properties", IEEE Trans. Antennas Propagation, 1999, pages (pp. 1528-1534).

[3] M. I. Yaich, M. Khalladi, I. Zekik and J. A. Morente, "Modeling of frequency-dependent magnetized plasma in hybrid symmetrical condensed TLM method", IEEE Trans. Microwave Wireless Components Letters, 2002, pages (pp. 293-295).

[4] M. Khalladi and M. I. Yaich, "A SCN-TLM approach for the analysis of Lorentz dispersive media", IEICE Electronics Express, 2005, pages (pp. 373-378).

[5] R. Abrini, M. Iben Yaich and M. Khalladi, "Efficient modeling of isotropic cold plasma media using JE-TLM method", IEICE Electron. Express, 2007, pages (pp. 492-497).

[6] B. Chaudhury and S. Chaturvedi, "Three-Dimensional Computation of Reduction in Radar Cross Section Using Plasma Shielding", IEEE Transactions on Plasma Science, 2005, pages (pp. 2027-2034).

[7] K. G. Budden, The Propagation of Radio Waves. Cambridge Univ. Press, New York (1985).

[8] S. A. Cummer, "An analysis of new and existing FDTD method for isotropic Cold Plasma and method for improving their accuracy", IEEE Trans. Antennas Propagation, 1997, pages (pp. 392-400).

[9] M. Khalladi, J. A. Morente, J. A. Porti and G. Gimenez, "Two near-to far-zone approaches for scattering problems using the TLM method", IEEE Trans. Antennas Propagation, 1993, pages (pp. 502-505).

Vers une modélisation d'un apprenant à base d'ontologie pour un système hypermédia adaptatif

AAMMOU Souhaib[1], KHALDI Mohamed [2] et EL KADIRI Kamal Eddine [3]

[1] LIROSA, Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc, souhaib_111@yahoo.fr
[1] LIROSA, Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc, medkhaldi@yahoo.fr
[1] LIROSA, Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc, elkadiri@uae.ma

Abstract. Any adjustment process is based on a user model. The Adaptive hypermedia systems are based on learning profile, the data increasingly numerous and voluminous must adapt to learners. Currently ontologies are a solution for representing and sharing knowledge. It is in this context that our research concerns modeling a learner in a hypermedia system. We present an ontology learning based on outcomes of cognitive theories to describe learner profiles.

Keywords: modélisation apprenant, ontologie.

1. Introduction

Pour intégrer des nouvelles approches pédagogiques afin de donner à l'apprenant un rôle actif pour apprendre et construire ses connaissances, les systèmes doivent intégrer une vision plus centrée sur l'utilisateur. Les systèmes hypermédias adaptatifs dans le domaine de l'enseignement à distance (e-Learning) proposent des solutions à ces problèmes, [1], [2]. L'objectif de ces systèmes est d'adapter la présentation de la connaissance et aider l'apprenant à naviguer à travers le graphe composé par l'ensemble des pages et des liens.

A l'heure actuelle les ontologies constituent une solution très prometteuse pour la représentation et le partage des connaissances [3]. Les travaux dans le Web sémantique [4], [5], [6] et [7] tentent de rendre le contenu des ressources interprétable et réutilisable par les systèmes hypermédias adaptatifs. C'est dans ce contexte que se situe le champ d'application de nos travaux afin d'intégrer une nouvelle vision de représentation formelle.

Dans ce travail, nous allons passer en revue les différentes techniques de modélisation des apprenants. Nous présentons ensuite notre approche de modélisation fondée sur une ontologie. Cette ontologie est basée sur des résultats des travaux des théories cognitives pour la description des profils apprenants plus précisément pour la représentation des préférences d'apprentissages. Nous terminons par la mise en œuvre d'un prototype afin de valider nos propositions et un bilan de nos travaux.

2. Approches de modélisation des apprenants

L'objectif de la modélisation de l'apprenant est de donner une description aussi complète et fidèle que possible de tous les aspects relatifs aux comportements de cet utilisateur. Les modèles utilisateurs dans les hypermédias adaptatifs sont en général compatibles avec les standards IMS [8] et PAPI (Public And Private Information) [9]. Il suffit de choisir d'utiliser leurs structures et leurs vocabulaires pour former des paires attribut-valeur pour la construction des modèles.

L'adaptation nécessite des connaissances sur les utilisateurs (capacité, objectifs, préférences, styles d'apprentissage, historiques). Ces connaissances sont construites selon des modèles stéréotypes (classe d'individus) ou des modèles de recouvrement (individu). On remarque que dans les modèles stéréotypes le manque d'individualisation de l'adaptation. En effet, le modèle stéréotype propose le niveau minimal qu'une classe d'apprenants dispose sur un concept donné. Par contre le modèle de recouvrement représente exactement le niveau de connaissances de chaque individu dans le système. Il serait intéressant d'élaborer un modèle mixte des deux approches. Initialiser le modèle de l'apprenant à l'aide d'un stéréotype, puis l'affiner en utilisant un modèle de recouvrement (le réévaluer de nouveau en fonction de ses actions et réponses utilisant une méthode probabiliste). Par ailleurs, il existe deux manières d'obtenir de l'information sur les utilisateurs :

- l'acquisition explicite selon laquelle des interactions avec le système permettent de créer ou compléter le modèle.
- L'acquisition implicite selon laquelle le système infère l'information suivant le comportement de l'utilisateur et des règles d'inférences.

Le tableau 1 récapitule tous ces points.

Modèle Apprenant

Caractéristiques	Modèle de Représentation	Acquisition
Capacité	Stéréotype/Recouvrement	Implicite
Objectifs et plans	Stéréotype/Recouvrement	Implicite/ Explicite
Styles d'apprentissage	Stéréotype	Implicite/ Explicite
Préférences	Stéréotype	Explicite
Historiques	Recouvrement	Implicite

Tableau 1. Récapitulation des modèles de représentation

3. Description de l'ontologie apprenant proposée

Plusieurs travaux ont proposé des solutions à base d'ontologies pour décrire des profils apprenants. [10] ont élaboré des modèles pour la représentation des connaissances des apprenants afin de pouvoir suivre et contrôler leurs activités. Notre approche de modélisation est basée sur des résultats des travaux des théories cognitives pour la description des profils d'apprenants plus précisément pour la représentation des styles (préférences d'apprentissages).

Le modèle apprenant proposé est définit comme une ontologie, comprenant diverses caractéristiques d'un utilisateur, à base de concepts, sous concepts et relations entre les différents concepts. Nous proposons de décrire un apprenant sous 4 facettes (Figure 1). Ces facettes sont décrites comme des notions abstraites dans l'ontologie:

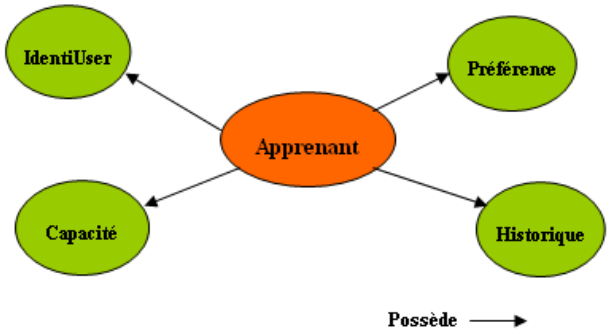


Figure 1. Ontologie apprenant élaboré.

- La première facette appelée **IdentiUser** est chargée de représenter les informations concernant un utilisateur particulier. Elle est composée d'attributs prédéfinis indispensables et communs à tous les utilisateurs : nom, prénom, identifiant, langue, type de média… se modélise sous forme d'un ensemble de couples attribut-valeur. Exemple considérons A1 un apprenant décrit ainsi : <A1, <Nom, "xxx">, <langage, {"français", "anglais"}>, <media, {"texte", "vidéo"}>>.
- La deuxième facette appelée **Préférences** chargée de représenter les préférences d'apprentissages chez les apprenants. Cette composante est basée sur la théorie des types psychologiques de MBTI (Myers-Briggs Type Indicator) et inspirédirectement de la théorie des types psychologiques de Carl Gustav Jung [11], aboutissant à la conception d'un indicateur MBTI. Le MBTI est un outil qui permet à un individu d'être conscient de ses propres préférences comportementales. Selon cette théorie, chacun possède une préférence naturelle. Dès leur jeune âge, les individus manifestent des différences entre les manières d'apprentissages :
    - Certains préfèrent recevoir des instructions complètes et précises avant de commencer une nouvelle tâche : (T);
    - Certains préfèrent passer immédiatement à l'action et apprendre sur le tas : (F);
    - Certains ont besoin de terminer le sujet en cours avant de passer au suivant : (J);
    - Certains ont besoin de souplesse, de possibilités d'exploration : (P);
    - Certains ont besoin de temps et d'espace pour : (L);
    - Enfin, certains sont très rapides dans l'assimilation des apprentissages : (R).

  Cette composante se modélise sous forme d'un vecteur conceptuel Vp = (Tp, Fp, Jp, Pp, Lp, Rp), ce vecteur permet de spécifier le style psychologique MBTI de l'apprenant et donc de renseigner sur ces préférences d'apprentissages. Il existe des questionnaires permettant de déterminer le type psychologique d'une personne. Par exemple les types psychologique d'un apprenant A1 est décrit comme suit: <A1, <Tu,"20%">, <Fu,"15%">, <Ju,"35%">, <Pu,"10%">, <Lu,"20%">, <Ru,"10%">>

- La troisième facette appelée **Capacité** (connaissance) chargée de représenter ou de donner un niveau de connaissance d'un apprenant pour un concept. Cette connaissance est modélisée par un stéréotype (classe d'individus) qui peut être obtenu à l'aide d'un test de niveau (QCM). Le modèle stéréotype permet la modélisation de la connaissance dans un groupe. L'apprenant est classé sous un stéréotype, hérite de ses propriétés et dispose des adaptations élaborées par le stéréotype en question. Les valeurs possibles sont : **bas, moyen, excellent** cette échelle nous permet d'avoir plus de précision sans qu'elle soit trop profonde.
- La quatrième facette appelée **Historique** est chargée de garder trace de l'état des historiques d'un apprenant. Mémorisation de la navigation et des ressources lues dans les documents. Cette représentation permet de donner la date du parcours d'une ressource ou encore les chemins de parcours dans l'ordre de navigation. Exemple le parcours de l'apprenant A1 est décrit ainsi: <A1, <"Génie logiciel", "définition", "10/02/11">, <" Génie logiciel ", "description", "11/03/11">>. La troisième et la quatrième facette vont évoluer de manière automatique et dynamique au fur et à mesure que l'apprenant va acquérir de nouvelles connaissances.

Pour présenter les ontologies, nous avons choisi d'utiliser le logiciel d'édition d'ontologies Protégé [12]. Protégé présente les taxonomies de classes sous la forme d'arbre de composites (Figure 2).

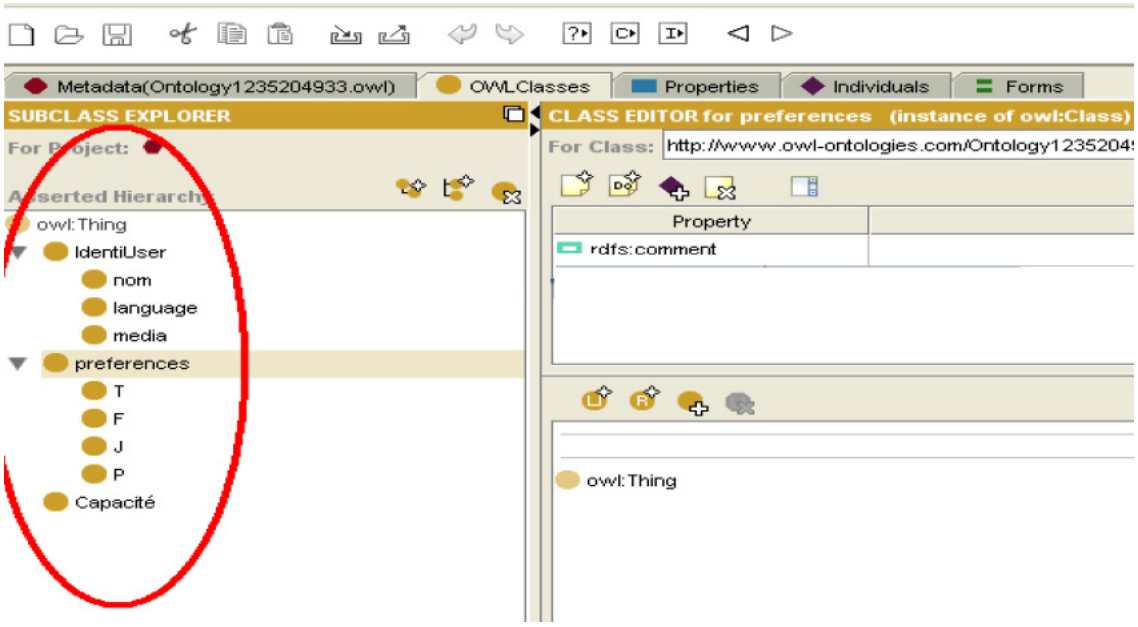


Figure 2. Représentation dans protégé de l'ontologie Apprenant

Une partie du code source généré.

```
?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
……
xml:base="http://www.owl-ontologies.com/Ontology1235204933.owl" >
<rdf:Description rdf:about="#IdentiUser">
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2010/07/owl#Class"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="#nom">
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2010/07/owl#Class"/>
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#IdentiUser"/>
</rdf:Description>
……..
<rdf:Description rdf:about="#preference">
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2010/07/owl#Class"/>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="#J">
<rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2010/07/owl#Class"/>
<rdfs:subClassOf rdf:resource="#preference"/>
</rdf:Description>
……..
<rdf:Property rdf:ID="Possède">
<rdfs:label xml:lang="en"> Possède </rdfs:label>
<rdfs:domain rdf:resource="#Apprenant"/>
<rdfs:range rdf:resource="# Capacite"/>
</rdf:Property>
……..
```

Les ontologies du domaine sont détaillées dans nos travaux [13] Il y a une ontologie des concepts $O_{Concept}$ et une ontologie des ressources $O_{ressource}$. L'ontologie ressources $O_{ressource}$= {$O_{métadonnées}$, $O_{sémantique}$} est décrite par deux ensembles de métadonnées, Ces métadonnées peuvent être classifiées en deux grandes catégories. La première $O_{métadonnées}$ décrit les caractéristiques éducatives de la ressource (auteurs, titre, langue, média, durée, ...) et se modélise par un ensemble de couples "attribut – valeur". Cette partie est comparable aux métadonnées décrites dans les normes actuelles comme LOM [14]. La deuxième catégorie O sémantique qui permet de décrire la sémantique de la ressource

et de classer les ressources en différentes catégories en se basant sur leurs contenus, leurs usages et les finalités de ces usages.

Usage est décrit sous forme d'un vecteur conceptuel Vu= (Tu, Fu, Ju, Pu, Lu, Ru), ce vecteur permet de spécifier que le contenu de la ressource est plutôt adapté pour un style d'apprentissage donné donc pour un style psychologique MBTI. Par exemple la ressource <"Modèle OSI ", "définition"> ayant le vecteur conceptuel Vu= (Tu:25%, Fu:5%, Ju:30%, Pu:4%, Lu:30%, Ru:6%), indique que cette ressource est plus adaptée à un profil apprenant qui préfère terminer sa tâche avant de passer à la suivante (Tu:25%), qui privilégie l'aspect bien structuré (Ju:30%) et qu'il est long dans l'assimilation (Lu:30%) etc. L'affectation des paramètres d'une ressource est effectuée par le concepteur (ou un annotateur) connaissant le contenu, l'usage possible et la finalité de cette ressource. Cette affectation est réalisée via une interface ergonomique (formulaires, questionnaire, etc.) masquant les détails techniques lors de la déposition d'une ressource. Par la suite, la valeur d'un vecteur d'usage Vu d'une ressource peut être modifiée (ou ajustée) manuellement par le concepteur de la ressource ou d'une manière automatique par le système.

4. Génération dynamique au profil d'un apprenant

La construction de l'hypermédia est réalisée au fur et à mesure que l'apprenant visualise un cours. La génération de contenus démarre lorsque l'apprenant décide d'activer un concept qu'il voudrait suivre, ou lorsqu'il clique sur un lien hypertexte qui l'amène vers un autre concept du même cours ou d'un autre cours. Le Générateur de l'hypermédia (GH) permet de composer des pages, relatives à un concept donné, à partir de différentes ressources. Ces ressources doivent être ordonnées les unes par rapport aux autres. Ensuite, le GH fournit une liste de liens sur cette page composée.

L'identification des ressources pertinentes à un concept est basée sur le modèle apprenant et sur le modèle des connaissances du domaine. Le système construit une requête vers la base des ressources. Cette opération renvoie les identificateurs de ressources correspondantes au concept. Pour cela nous avons pensé à utiliser deux sortes de filtres le premier permet d'extraire un sous ensemble de ressources pédagogiques qui sont en relation avec le concept donné et ayant le même niveau de connaissance qu'un apprenant. Le deuxième filtre permet d'effectuer le même genre d'extraction mais pour un type physique donné. Le résultat est une liste $L_{ressource}$ qui est soumise à un autre module qui compare l'usage sémantique de chaque ressource de la liste avec la description des préférences d'apprentissage de l'apprenant. Cette comparaison est réalisée en utilisant une distance D qui calcule la distance (au sens vectoriel) entre le vecteur Vp décrivant les préférences d'apprentissage de l'apprenant et le vecteur Vu usage de chaque ressource. Une autre liste L'ressource est alors proposée à l'apprenant. Cet ensemble de ressources se rapprochent le plus des styles d'apprentissages de l'apprenant. Ceci assure donc une meilleure assimilation des connaissances au rythme et aux capacités de compréhension de chaque apprenant.

A la fin des étapes précédentes, le système dispose d'un ensemble de ressources pédagogiques qui correspondent toutes sémantiquement et physiquement aux besoins de l'apprenant. Il faut alors les organiser dans la page de l'hypermédia de façon à respecter les relations de précédences. Une fois que le moteur de génération a construit le contenu d'une page, il faut que le système détermine les liens hypertextes permettant à l'apprenant d'accéder à d'autres concepts en rapport avec la page courante. Nous prenons en considération Les relations définies dans l'ontologie des concepts. Le système masque les liens hypertextes dont les pages cibles sont en inadéquation avec le modèle de l'apprenant (trop compliqués ou trop simples). L'annotation des liens hypermédia est réalisée en utilisant différentes couleurs.

Les traitements de présentation concernant la mise en forme des pages XML sont réalisés par des feuilles de styles. A chaque document XML généré est associée une feuille de style XSL permettant la représentation du document en HTML sur le navigateur de l'apprenant.

4.1 Mise à jour du modèle apprenant

Le modèle apprenant est mit à jour lorsque l'apprenant effectue un test (QCM) validant son degré de connaissance du concept. Ce test est fourni à la fin de chaque lecture d'une ressource. La mise à jour du modèle consiste à modifier les valeurs représentant le niveau de connaissance de l'apprenant et ceci pour un certain nombre de ressources d'un concept donné. Exemple de règle de mise à jour du niveau de l'apprenant.

IF ((lire (concept)) and (niveau (apprenant, concept) < moyen))

THEN niveau (apprenant, concept) = moyen

Cette règle décrit le fait que la lecture d'un concept dont la connaissance est inférieure à "moyen" entraîne la mise à jour du niveau de l'apprenant à "moyen".

Historique va évoluer aussi de manière dynamique et automatique au fur et à mesure que l'apprenant va suivre de nouvelles connaissances. Ainsi des traitements ultérieurs sur les traces de parcours de l'apprenant peuvent être exploités pour affiner le profil de l'apprenant ou les descriptions des usages des ressources.

5. Un Prototype

Pour valider nos propositions un prototype est développé autour de XML et Java, destiné aux étudiants et enseignants. Ce prototype est encore à un stade expérimental. Nous confirmons l'importance du nombre des ressources pédagogiques impliqués pour pouvoir prétendre avoir un système qui s'adapte réellement à l'apprenant. Or la production de ces ressources n'est pas des plus triviale, et coûte énormément cher en terme de temps et d'efforts. L'environnement que nous volons développé à l'apprenant propose une série d'onglets lui permettant de spécifier ses choix. Par exemple ses préférences (média, langue,…), des questionnaires sont aussi proposées permettant de déterminer les types psychologiques d'une personne, plus précisément pour la représentation des styles (préférences d'apprentissages).

L'apprenant aura la liberté de navigation dans l'hypermédia tout en l'acheminant vers des parties adéquates à ses capacités de connaissances. Des tests associés à des concepts obligent l'apprenant à y répondre. La page visualisée est divisée en deux parties. La partie de gauche présente le plan du cours de façon hiérarchique, sur la partie de droite on peut visualiser le contenu de la partie qui est active et qui est en adéquation avec le modèle de l'apprenant.

6. Conclusion

L'adaptation des services d'apprentissage est la caractéristique essentielle pour concevoir une nouvelle génération d'applications sur le Web. L'adaptation d'un hypermédia nécessite l'accès aux donnés utilisateurs ou à des mécanismes permettant d'inférer les caractéristiques et le contexte des utilisateurs.

La représentation des connaissances à base d'ontologie est le mécanisme le plus adapté pour réaliser la vision du Web Sémantique. La modélisation d'utilisateur à base d'ontologie nécessite une structure référentielle classique statique et une partie adaptative qui doit évoluer en prenant en compte des progrès de l'apprenant conformément à sa Capacité, préférence, son style d'apprentissage, etc.

Nous avons présenté, une nouvelle approche de modélisation de l'apprenant dans un système hypermédia adaptatif. Une ontologie apprenant basée sur des résultats des travaux des théories cognitives pour la description des profils apprenants plus précisément pour la représentation des préférences d'apprentissages. Il semble donc utile d'avoir à disposition un certain nombre d'attributs prédéfinis, dont certains peuvent être optionnels, et de donner un cadre pour faciliter la création d'attributs non-prédéfinis. Il est difficile de fournir à l'utilisateur final l'information dont il a besoin à l'instant précis où il en a besoin. L'accès à une information pertinente, adaptée aux besoins et au contexte de l'utilisateur est un vrai challenge.

References

[1] Brusilovsky P. Nejdl, « Adaptive hypermedia and Adaptive Web », In: M. P. Singh (ed.) Practical Handbook of Internet Computing. Baton Rouge: Chapman Hall & CRC Press, pp. 1.1-1.14, 2005

[2] De Bra P., Nejdl W., « Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-Based Systems », *Third International Conference*, AH 2004, Eindhoven, The Netherlands, August 23- 26, 2004.

[3] Dehors S. « QBLS : web sémantique de formation pour un apprentissage par questionnement», *EIAH* Montpellier 2005.

[4] Corby et Al « Querying the Semantic Web with the Corese conception & development search Engine,», *proceeding of European Conference on Artificial Intelligence ECAI*, 2004.

[5] Duitama F., Defude B., Bouzeghoub A., and Carpentier C., « *A framework for the generation of adaptive courses based on semantic metadata »*, Multimedia Tools and Applications, 2005.

[6] Lando P. *« Conception et développement d'applications informatiques utilisant des ontologies* : application aux EIAH» RJC-EIAH 2006

[7] Basque J., Paquette G., Pudelko B. *et al.*, "Collaborative Knowledge Modeling with a Graphical Knowledge Representation Tool: A Strategy to Support the Transfer of Expertise in Organizations.," *Knowledge Cartography. Mapping Techniques and Software Tools.*, A. Okada, S. B. Shum and T. Sherborne, eds., London: Springer-Verlag, 2008.

[8] IMS http: //www.imsglobal.org/profiles/index.html. Ims learner information package specification..

[9] Papi Papi learner, draft 8 specification. http ://edutool.com/papi/.

[10] Razmerita, L., User modeling and personalization of the Knowledge Management Systems, book chapter,in Adaptable and Adaptive Hypermedia, by Idea Group Publishing, 2005.

[11] Todd C.R. Myers-Briggs Type Indicator. The Skeptic's Dictionary. http://skepdic.com/myersb.html. (Consulté Octobre 2008).

[12] Protégé Stanford Medical Informatics. http://protege.stanford.edu/.

[13] Aammou Souhaib, Khaldi Mohamed, El Kadiri Kamal Eddine, Ibrahimi Ahmed, *Génération Adaptive Hypermedia Systems for E-Learning*, International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), ISSN: 1863-0383, Vol 5, November 2010.

[14] LOM http ://ltsc.ieee.org/wg12/. Learning object metadata.

Cloud Computing for education, an opportunity for Universities: Best quality of service with less investment

Yassine Tabaa [1], Abdelatif Medouri [2]

[1] Computer Resource Center, Abdelmalek Essaadi University, BP 211 Martil, Morocco, ytabaa@uae.ac.ma
[2] Polydisciplinary Faculty, Abdelmalek Essaadi University, Route de Martil Tétouan, Morocco, amedouri@uae.ac.ma

Abstract.

In this context of economic crisis that paralyze the majority of institutions in the world, many educational establishments were affected and discovered that governments will have less money than before to invest in them, in the other side of the river, emergent countries continue to explore new solutions for under-equiped universities in terms of (IT) (Information Technology) infrastructure. Cloud computing is likely to be one of those opportunities sought by most of the educational establishments in these difficult times and could prove to be of immense benefit to them.
With its dynamic scalability and usage of virtualized resources as a service through the Internet, cloud computing will likely have a significant impact on the educational environment in the future. It is an excellent alternative for educational institutions in emerging countries, which are especially under budget shortage and where IT infrastructure still under-developed, insofar as they operate their information systems effectively without spending any more capital for the computers and network devices.
In this paper, first, we will provide an overview of the cloud computing infrastructure in the educational field, especially in the universities where the use of computers and applications are more intensive, subsequently we present a case study of the deployment of a SaaS (Software as a Service) Cloud-based service in the Abdelmalek Essaadi University as a model to generalize in universities in emergent countries.
Keywords: Cloud Computing, Software as a Service, Virtualization.

1. Introduction.

Cloud computing, this emergent phenomenon which beginning to gain more ground represents a fundamental change in the way information technology (IT) services are invented, developed, deployed, scaled, updated, maintained and paid for. Considered currently as one of the new technology trends, it will likely have a significant impact on teaching and learning environment.

Cloud computing offers for decision makers a new challenge to redesign their IT operations and strategies to support their business units in the light of different technology trends so they can achieve their corporate objectives. Uprising business demands are forcing IT managers to consider new ways to reallocate rationally their limited internal resources to better support their corporate priorities. This is driving them to rely more heavily on third-party services to increase their in-house capabilities and better satisfy the needs of their end-users, as well as their customers and strategic partners. They can

forgo capital expenditure and consume resources as a service by just paying for what they use (pay-as-you-go model). Another beneficial side effect of using this model is that computer capacity increases dramatically, since customers do not have to engineer their applications for peak times, when processing loads are greatest. By sharing computing power among multiple users, utilization rates are generally greatly improved, because cloud computing servers are not sitting dormant for lack of use. This factor alone can reduce infrastructure costs significantly and accelerate the speed of applications development. [7]

Nowadays, "cloud" platforms such as "Microsoft" and "Google" are providing free services to students and staff at educational institutions which include email, contact lists, calendars, document storage, creation and sharing documents and the ability to create websites [3][4].

2. What is cloud computing?

There are perhaps as many definitions as there are commentators on the subject of cloud computing. A study by McKinsey (the global management consulting firm) found that there are 22 possible separate definitions of cloud computing. In fact, no common standard or definition for cloud computing seems to exist [1] [10].

The term *cloud* has been used historically as a metaphor for the Internet. This usage was originally derived from its common depiction in network diagrams as an outline of a cloud, used to represent the transport of data across carrier backbones (which owned the cloud) to an endpoint location on the other side of the cloud [8].

A more commonly used definition describes it as clusters of distributed computers which provide on-demand resources and services over a networked medium (usually the Internet). Cloud computing represents a convergence of two major trends in information technology: IT efficiency, whereby the power of modern computers is utilized more efficiently through highly scalable hardware and software resources, and business agility, whereby IT can be used as a competitive tool through rapid deployment, parallel batch processing, use of compute-intensive business analytics and mobile interactive applications that respond in real time to user requirements [11].

We can understand more what this new approach is all about by understanding the type of services offered by cloud computing. The following is a list of the three main types of services or layers that can be offered by the cloud [8]:

- Infrastructure as a Service (IaaS): This layer contains all of the physical and virtual resources used to construct the cloud, delivered remotely (through the Internet) it corresponds to a full computer infrastructure (e.g., virtual computers, servers, storage devices, etc.);

- Platform as a Service (PaaS): The PaaS layer is a relatively recent addition. Assuming that some cloud infrastructure layer will provide resources (servers, storage, and network) on which to run, the platform is responsible for organizing and operating all of these resources. In addition, the PaaS is responsible for providing complete virtualization of the infrastructure.

- Software as a Service (Saas): Under this layer, applications are delivered through the medium of the Internet as a service. Instead of installing and maintaining software, you simply access it via the Internet, freeing yourself from complex software and hardware management. This type of cloud service offers a complete application functionality that ranges from productivity

(e.g., office-type) applications to programs such as those for Customer Relationship Management (CRM) or enterprise-resource management.

3. Cloud in the education

The huge potential of cloud computing for improving efficiency, cost and convenience for the educational sector is being recognized by a number of educational and official establishments around the world especially in emergent countries where acquisition of IT infrastructure is difficult compared to most Europeans or Americans ones. [5]

Many Universities found cloud computing to be attractive to use in one of their courses. As an example, The University of California (UC) at Berkeley piloted a software project course in 2007 focused exclusively on developing and deploying software-as-a-service (SaaS) applications. In fall 2008, with a generous donation of Amazon Web Services (AWS) credits from Amazon, The University of California moved this course from Berkeley-owned infrastructure to the cloud.

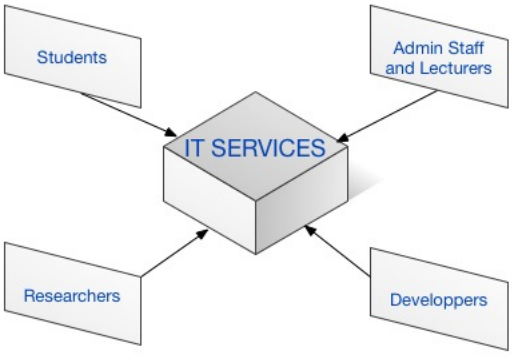


Fig. 1 typical structure of the main users of IT services in the University context.

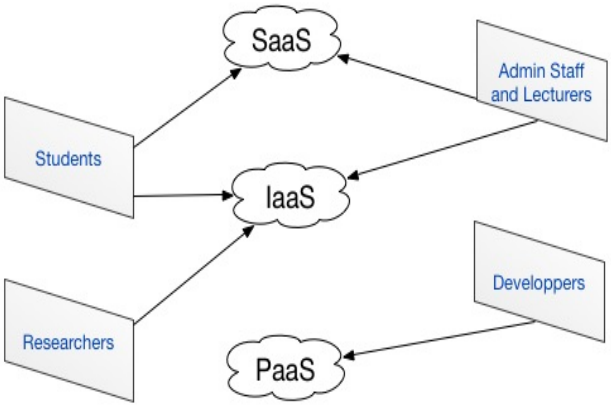


Fig. 2 typical structure of the main users of IT services in the University context using the services of cloud computing.

To demonstrate how the cloud can revolutionize the IT organization into education establishments especially in Universities, a hypothetical example can be given, indeed we consider a typical University with an IT infrastructure that meets the needs of students, faculty and management staff, research staff and software developers. As illustrated in Fig. 1, requests for IT services in this environment is directed to the IT Services Department whose job is to provide stakeholders (students, staff, faculty , and developers) with software, special software and hardware to run experiments, and development tools needed to create web applications. As explained in Fig. 2 all of these operations can be migrated to the cloud. Therefore students, administrative staff and lecturers can use the services of

providers of SaaS and IaaS clouds. These services will be ideally accessed through thin clients over internet. Any software launched by these groups of people resides on the servers of the SaaS cloud provider and is accessed online.

The same situation applies to the developers' category in this scenario. Developers can now use all the software they need for their development online and all the hardware for hosting their applications through a PaaS cloud provider as an example The Cloud Deployment Toolkit (CDTK) project. Finally, researchers whose projects require a great deal of processing power and/or additional server capacity can do so at the click of a button through an IaaS cloud provider.

4. Abdelmalek Essaadi University: case study

Abdelmalek Essaadi University (AEU), which has more than 25,000 students and some 2,000 management staff, lecturers and faculty, is the first Moroccan educational establishment to embrace cloud computing. Interest in cloud computing began when the University's' staff and faculty email service began to look out-dated; an issue which was highlighted by a survey that showed that more than 90% of staff were setting up their email accounts so that received emails were automatically forwarded to their external third party accounts. The survey also raised that no email service were offered for students and there were a lack in term of infrastructure and IT management staff. In 2009, the University started to look for an alternative option in order to address this issues and so offer the email service for all the students. Google Apps for Education was that solution, it offers a free set of customizable tools that enable faculty, staff and students to work together and learn more effectively. Applications in the Google Apps for Education toolset can be summarized as follow [3]:

- Communication Tools: Email, Messaging, and Shared Calendars
- Collaboration Tools: Google Docs, Google Sites (team and group website creation), Google Video
- Infrastructure Solutions: Host your own domain, API's for Single Sign-On, Centralized Admin console, and more

The solution has enabled connecting the campus more effectively with mobile access, massive storage, powerful search, and more. With no cost, no advertising, and no hardware maintenance, the implementation has saved significantly time and money.

with a capacity of 7.39GB of disk space for each student, the platform provide a whole campus with free email, messaging, and shared calendars with no advertising for students and staff. Furthermore, the Google email system enables users to retain their domain names in the email. For example, a user whose email address is "yassine@uae.ac.ma" will continue to be able to use this email address. The Google Apps platform also provides a remotely access, with the possibility of using mobile devices, to documents and collaboration in real time, sharing options and confidentiality of documents offer for authors the opportunity to choose who can view and edit them.[5][3]

After a period of piloting, testing and user consultation, Google Apps was rolled out for the 20010/11 academic year. It was clear that the University's existing email system was not looked upon very favorably by staff who was abandoning it in favor of their personal email systems (gmail, Yahoo,…etc.). One of the problems faced during the implementation of Google Apps is the creation of new accounts and profiles synchronization, the solution is offered by the platform itself, which offers a very powerful tool for synchronization of all the entries and attributes of the Lightweight Directory

Access Protocol (LDAP) repository of the University and provides a dashboard to administer the various components of the platform, a set of Application Programming Interface (APIs) can also be activated to manage these components, so one can develop applications based on these APIs to communicate and manage his calendar, upload files in the document space or simply send an email without using the Google interface.

The extended API and support for open standards make it easy to integrate Google Apps into existing IT systems. Thus the authentication service is provided by the Abdelmalek Essaadi University, an exchange of Security Assertion Markup Language (SAML) requests between the University Central Authentication Service (CAS) and the Google Apps servers allows users stored in the repository of the University to authenticate themselves and having the access to all services provided by Google Apps. [6]

Storage issues with network servers and email also meant that students were, more often than not, saving their work to USB memory sticks which are often prone to loss or misuse. The new Google system provided each student with up to 7.3GB of email storage capacity and up to 2GB of documents storage capacity, which meant the likely end of using USB memory sticks as students would now have plenty of storage space online to store their work files.

In addition to providing a good student experience, there were also economic reasons behind the University's decision to adopt of Google Apps. The cost of using Google Mail was literally zero. It was estimated that providing the equivalent storage on offer on internal systems would cost the University around €1,000,000 in terms of installation, ongoing maintenance, upgrades, staff costs, licenses, servers, storage, etc. [7]

Interestingly, students using Google Apps can also retain their email addresses and continue to get access to their University work after graduation. However, a question that arises likely is what does Google get out of this free service? The answer is quite clear: Many tomorrow's business leaders and IT Managers familiar with Google Apps.

In terms of security and stability of the service, Google has got the certificates SAS 70 Type I and II. The data therefore remain confidential and secure and the University ensured that it followed policy guidelines when it rolled it out.

5. Conclusion

Cloud computing as an exciting development is a significant alternative today's educational perspective. Nowadays, a number of African educational establishments have shown their interest to adopt cloud computing, largely due to their under-developed IT infrastructures and their inability to cope with the endless cycle of hardware and software upgrades. [9]

It will be no longer a trend but more an effective reality which automatically reduces the cost of organizational expenses and offers more powerful functional capabilities. The gradually removal of software license costs, hardware costs and maintenance costs respectively provides great flexibility to the University/corporate management.

From the points of advantages provided by cloud, there is a great advantage for University IT staff to take them away the responsibility of the maintenance charge to the University. Cloud provides instant global platform, it enables receiving secure, managed hosting at very inexpensive costs, elimination of H/S capacities and licenses, reduced cost, simplified scalability. Adopting cloud network redundancy

and backup eliminates disaster recovery risks and its high costs. There can always be new tools and applications to improve IT features.

There are of course some disadvantages too. Sometimes the institution wishing to adopt the cloud is obliged to provide unpredictable additional cost of data transfer or migration fees, and after implementation it may be difficult (or even impossible) to migrate massive amounts of data from the provider to locally datacenter or to other provider.

There are still problems and constraints with application offerings, service-level agreements, more importantly security issues. All of the cloud providers do not have the same capability for their technological levels. [2]

References

[1] B. Golden. (2009). McKinsey Cloud Computing Report Conclusions. CIO. [Online]. http://www.cio.com.au/article/300901/mckinsey_cloud_computing_report_conclusions_don_t_add_up/

[2] B. Golden. (2009). The case against cloud computing, part one http://www.computerworld.com/s/article/9126620/The_case_against_cloud_computing_part_one

[3] Google corporate, Google Apps for business. Google. [Online]. http://www.google.com/apps/intl/en/business/index.html

[4] Cloud power. Microsoft. [Online]. http://www.microsoft.com/en-us/cloud/default.aspx

[5] N. Sultan , "Cloud computing for education: A new dawn?", International Journal of Information Management, 2010 , Pages (109-116)

[6] SAML Single Sign-On (SSO) Service for Google Apps. [Online]. http://code.google.com/intl/fr/googleapps/domain/sso/saml_reference_implementation.html

[7] S. Marston, Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang, A. Ghalsasi, "Cloud Computing – The Business Perspective", Decision Support Systems, April 2011 , Pages (176-189)

[8] T. Anthony. J. Velte. R. Elsenpeter, Cloud Computing: A Practical Approach. McGraw-Hill Companies 2010.

[9] T. Ercan, "Effective use of cloud computing in educational institutions", Procedia Social and Behavioral Sciences, 2010 , Pages (938-942)

[10] Wikipedia - Cloud Computing. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing

[11] W. Kim, "Cloud Computing: Today and Tomorrow", Journal of Object Technology , 2009, Pages (65-72)

Desarrollo de un nuevo sistema criptográfico

Francisco José Navarro-Ríos

Department of Computer Languages and Systems, University of Cádiz, E-11002 Cádiz, Spain
Institute of Peace and Conflict Studies, University of Granada, E-18071 Granada, Spain
Computer and Communication Service Center, University of Granada, E-18071 Granada, Spain
Email: francisco@ugr.es

Abstract. In this work, I design and implement a new cryptosystem. The algorithm is based on fuzzy cellular automata. I also do an analysis of viability, and I get good results.

Keywords: Cryptology, Cryptography, Cellular Automata, Fuzzy Logic.

1. Introducción.

La búsqueda de sistemas de cifrado criptográficamente seguros es uno de los problemas más interesantes y abiertos que tienen planteados conjuntamente las Ciencias de la Computación, el Álgebra y la Matemática Aplicada. El enfoque orientado al modelo matemático de los autómatas celulares convencionales (no difusos) es relativamente novedoso, y proporciona un espacio de desarrollo amplio y de múltiples posibilidades: Wolfram (1986) [1], Gutowitz (1993) [2], Nandi (1994) [3], Lafe (1996) [4], Sen (2002) [5], Fúster-Sabater (2009) [6], Martín del Rey (2010) [7], etc.

Por otra parte, los autómatas celulares difusos ya han sido utilizados recientemente con éxito en aplicaciones para la simulación de sistemas naturales, como, por ejemplo, la expansión del fuego en un bosque, y también en aplicaciones para la simulación de sistemas artificiales, como, por ejemplo, el desarrollo del tráfico en una ciudad, y en otras aplicaciones similares, por autores como Zhang (2007) [8], Maji (2007) [9], Basu (2008) [10], Al-Ahmadi (2009) [11], Wang (2009) [12], Mantelas (2010) [13], etc. Sin embargo, la aplicación del modelo difuso al ámbito del desarrollo de protocolos criptográficos es una cuestión aún no tratada en la comunidad científica.

Este trabajo propone la utilización del modelo de cálculo teórico conocido como “autómatas celulares difusos” para realizar cifrados de información. Para ello, creamos nuevos operadores difusos, diseñamos nuevas funciones locales de transición para los autómatas, desarrollamos un software que haga evolucionar los autómatas, que realice cifrados de flujo, que cifre y descifre utilizando una nueva función real con carácter involutivo, y que compruebe la bondad de este nuevo criptosistema mediante diversos tests de pseudoaleatoriedad sobre las secuencias de cifrado generadas con las evoluciones de los autómatas, y sobre los criptogramas obtenidos, y mediante análisis de la correlación entre textos en claro y sus criptogramas. Finalmente, comparamos la seguridad y la velocidad del nuevo algoritmo con otros cifrados de flujo que se están utilizando actualmente.

2. Definición de nuevos operadores difusos.

Desde que se definieron por primera vez los autómatas celulares difusos por W.G. Wee y K.S. Fu, a finales de los años 60, y hasta nuestros días, con autores como Zhang, Maji, Basu, etc. [8–13], se han utilizado habitualmente tres operadores difusos en los autómatas celulares: la suma difusa (+), el producto difuso (·) y el complemento difuso (|), según se definen en la Tabla 1 mediante los operadores aritméticos convencionales de suma (+), resta (–) y producto (×), donde *a* y *b* son números difusos: números reales del intervalo cerrado [0, 1].

Operadores difusos	Operadores aritméticos
$a + b$	$min\ \{1,\ a + b\}$
$a \cdot b$	$a \times b$
$\mid a$	$1 - a$

Tabla 1. Definición de operadores difusos mediante operadores aritméticos

Sin embargo, para nuestros propósitos criptográficos, vamos a definir dos nuevos operadores difusos, sobre los números reales del intervalo abierto [0, 1[: la suma difusa módulo uno (#), y el complemento difuso módulo uno (‖), mediante las Funciones (1) y (2) respectivamente:

$$\forall\, c, d \in [0, 1[,\quad c \,\#\, d = \begin{cases} c + d & \text{si } c + d < 1 \\ c + d - 1 & \text{si } c + d \geq 1 \end{cases} \tag{1}$$

$$\forall\, c, d \in [0, 1[,\quad \| c = \begin{cases} 1 - c & \text{si } 1 - c < 1 \\ 0 & \text{si } 1 - c = 1 \end{cases} \tag{2}$$

Utilizaremos estos nuevos operadores difusos tanto en el diseño de funciones locales de transición para la evolución de autómatas, como en el diseño de una función real con carácter involutivo para el cifrado y descifrado de información, que tenga un comportamiento similar a la XOR clásica de los criptosistemas de flujo.

3. Diseño de una nueva función real involutiva.

En 1917, J. Mauborgne y G. Vernam inventaron el cifrado de flujo. Desde entonces, se ha utilizado la función XOR (la suma binaria módulo dos) como algoritmo de cifrado y descifrado de información. En los años 90 [3], también se ha estado usando la función XNOR (su complementaria). Estos operadores trabajan sobre números binarios, o sea, se aplican bit a bit sobre la secuencia del mensaje (texto en claro), la clave (secuencia cifrante) y el criptograma (texto cifrado), y tienen la característica de ser involutivas.

Los operadores XOR y XNOR funcionan muy bien con autómatas celulares booleanos [3], pero, en esta investigación, pretendemos trabajar con autómatas celulares difusos, así que uno de nuestros objetivos es encontrar o diseñar una función *f* que se aplique en el intervalo real [0, 1] y que tenga este comportamiento involutivo:

$$f(x, y) = z, \quad f(z, y) = x, \quad f(x, y) = z, \quad \ldots \tag{3}$$

donde $x, y, z \in [0, 1]$. Finalmente, diseñamos la siguiente función *f* de cifrado y de descifrado, y comprobamos su buen funcionamiento:

$$\forall\, x_i, y_i \in [0, 1[,\ \ f(x_i, y_i) = \| (x_i \# y_i) = z_i \in [0, 1[\qquad (4)$$

donde x_i es cada número difuso del texto en claro, y_i es cada número difuso de la secuencia cifrante, z_i es cada número difuso del criptograma, # es la suma difusa módulo uno, y || es el complemento difuso módulo uno, definidos en las Funciones (1) y (2) respectivamente.

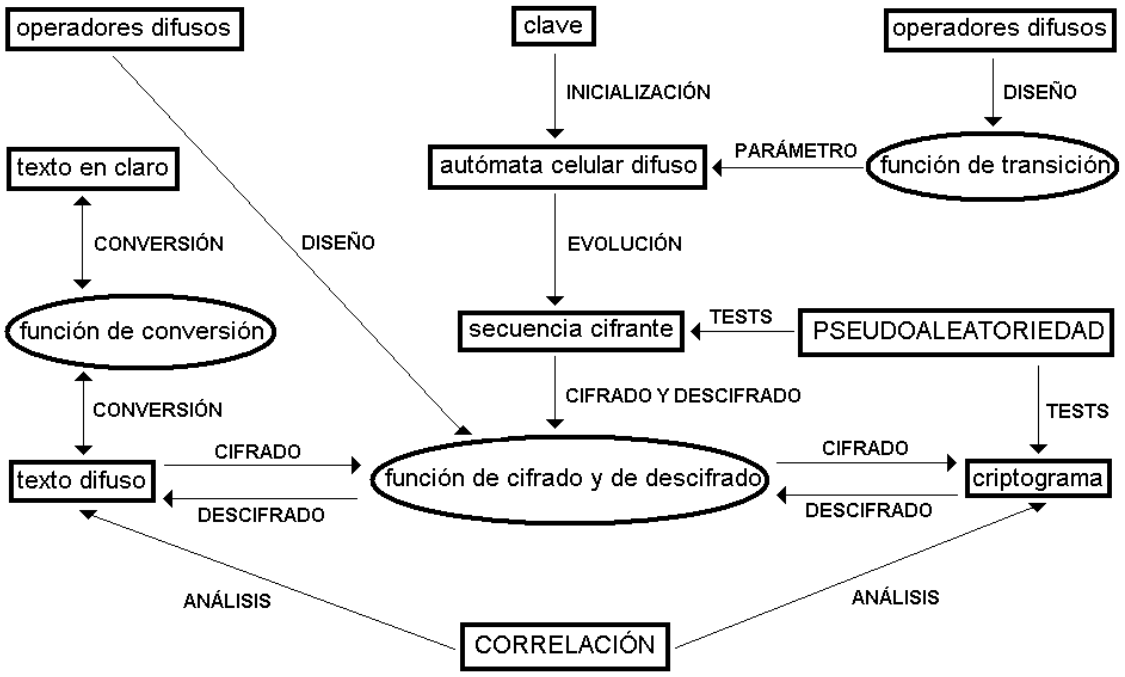


Figura 1. Diagrama descriptivo de los procesos de cifrado y de análisis

4. Diseño de una función de conversión difusa.

Los mensajes, las secuencias cifrantes y los criptogramas van a ser cadenas de números difusos. Para convertir un texto en claro (formado por caracteres *c*) en una secuencia de números difusos, calculamos el grado de pertenencia *g* de cada carácter *c* al conjunto difuso de los 256 caracteres ASCII mediante la siguiente función que hemos diseñado, donde *v* es la función que devuelve el valor decimal del código ASCII del carácter *c*:

$$g(c) = \frac{v(c)+1}{257} \in\ ]0, 1[\qquad (5)$$

5. Diseño de autómatas celulares difusos.

Vamos a trabajar con autómatas celulares unidimensionales, y con condición de frontera cilíndrica. Para hacer las pruebas iniciales de pseudoaleatoriedad y de correlación, en principio hemos parametrizado una longitud del autómata de 128 celdas, un tamaño del mensaje de 1000 caracteres (ó 1000 evoluciones del autómata), y un radio igual a uno para el vecindario, para varias (trece) funciones locales de transición diferentes que hemos diseñado y que exponemos en la Tabla 2, donde *ant*, *act* y *sig* son la celda anterior, la celda actual y la celda siguiente, respectivamente.

Función	Diseño con operadores difusos
1	$ant \cdot act \cdot sig$
2	$0 \cdot ant + act \cdot sig$
3	$ant \cdot act + sig \cdot 0$
4	$ant + act + sig$
5	$0 \cdot ant + act + sig$
6	$Ant + act + sig \cdot 0$
7	$\mid (ant \cdot act \cdot sig)$
8	$\mid (0 \cdot ant + act \cdot sig)$
9	$\mid (ant \cdot act + sig \cdot 0)$
10	$ant \# act \# sig$
11	$0 \cdot ant \# act \# sig$
12	$Ant \# act \# sig \cdot 0$
13	$Ant \# 0 \cdot act \# sig$

Tabla 2. Diseño de funciones locales de transición

Los cuatro operadores que se utilizan en estas funciones locales de transición son los cuatro operadores difusos descritos en la Tabla 1 y en la Función (1). El orden de preferencia de los operadores es: primero el complemento (|), después el producto (·) y, por último, las sumas (+, #). Estas dos sumas tienen la misma preferencia.

Las operaciones de la Tabla 2 también pueden expresarse mediante reglas del tipo IF / THEN de *Lógica Difusa*. Por ejemplo:

si $ant + act < 1$, entonces $ant \# act = ant + act$,

si $act + sig \geq 1$, entonces $act \# sig = act + sig - 1$,

donde *ant*, *act* y *sig* son valores difusos.

6. Análisis de aleatoriedad y de correlación.

Para comprobar la bondad del nuevo criptosistema, vamos a pasar varios tests de aleatoriedad a las secuencias cifrantes y a los criptogramas obtenidos:

Test 1. Chi-Cuadrado para muestras del 50%.

Test 2. Chi-Cuadrado para muestras del 25%.

Test 3. Chi-Cuadrado para muestras del 10%.

Test 4. Frecuencias de los números difusos.

Test 5. Frecuencias de series de dos números difusos.

Test 6. Frecuencias de series de tres números difusos.

No vamos a considerar los resultados del Test 4, porque coinciden con los del Test 1, puesto que se cumple la igualdad donde se define el cálculo de cada test de aleatoriedad.

Por otra parte, para calcular la posible dependencia entre textos en claro y sus criptogramas, usaremos el coeficiente de correlación de Spearman (ρ).

7. Resultados y discusión.

Para probar cada una de las trece funciones locales de transición diseñadas, el software (desarrollado en lenguaje C++) va mostrando en la pantalla del ordenador todo el proceso paso a paso: inicialización pseudoaleatoria del autómata celular difuso (con números reales generados por el programa), evolución del autómata mil veces, creación de la secuencia cifrante, y tests de aleatoriedad sobre la secuencia cifrante.

En los resultados, se observa que las seis primeras funciones de transición no superan ningún test de aleatoriedad, porque tienen estadísticos muy elevados (igual o por encima de mil). Esto tiene una explicación lógica: si observamos la evolución del autómata en el programa, veremos que todas las celdas tienden al estado difuso cero en el caso de las tres primeras funciones (que operan con el producto difuso) y al estado difuso uno en el caso de las tres funciones siguientes (que operan con la suma difusa).

Las siguientes tres funciones de transición (7, 8, y 9) trabajan con el complemento difuso, y podemos observar, en el programa, que producen una secuencia cifrante que alterna entre ceros y unos, por eso superan el primer test, pero ninguno de los demás tests, así que estas funciones no nos sirven.

Las únicas funciones de transición que superan todos los tests de aleatoriedad son precisamente las cuatro últimas de la Tabla 2, que trabajan con el nuevo operador difuso # que hemos diseñado en esta investigación. Por consiguiente, acabamos de lograr otro de los objetivos del trabajo: diseñar alguna función de transición que genere una secuencia cifrante que supere los tests de aleatoriedad. De las cuatro, vamos a elegir, por ejemplo, para seguir con la investigación, la Función 10, que tiene todos los estadísticos por debajo de cinco. Para asegurarnos más de la bondad de esta función de transición, ejecutamos el software varias (dieciséis) veces, utilizando la Función 10 para hacer evolucionar autómatas, que se inicializan aleatoriamente en cada ejecución del programa, y obtenemos buenos resultados: todos por debajo de cinco para el Test 1, por debajo de ocho para el Test 2, por debajo de veintitrés para el Test 3, por debajo de siete para el Test 5, y por debajo de quince para el Test 6.

El siguiente paso consiste en utilizar las secuencias cifrantes que genera el autómata celular difuso con la nueva función de transición que hemos diseñado (la Función 10) para cifrar una batería de textos en claro, a través de la función real involutiva que diseñamos, con la intención de medir la correlación entre los mensajes y los criptogramas producidos, y también comprobar la aleatoriedad de dichos criptogramas, aplicándoles los mismos tests de aleatoriedad que usamos anteriormente para las secuencias cifrantes. Para medir la correlación, hemos utilizado el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), y hemos seleccionado siete textos en claro diferentes en español (filtrados y truncados a mil caracteres). Se trata de los primeros mil caracteres de los primeros siete capítulos de la tesis doctoral del autor de este trabajo. El software que hemos desarrollado se encarga de ir contando los caracteres de un texto mayor hasta alcanzar los mil caracteres que tenemos como parámetro, y también de ir realizando un filtrado para eliminar caracteres especiales que vayan a causar problemas (debido a que no se corresponden con ningún valor ASCII entre 0 y 255).

Los resultados son buenos, porque, para todos los textos, el coeficiente de correlación es próximo a cero, y todos los tests de aleatoriedad están por debajo de 20, así que hemos obtenido otro de los objetivos del trabajo: que no hubiera correlación entre mensajes y criptogramas con nuestro nuevo cifrado, y que los criptogramas superen los tests.

Finalmente, el software muestra cómo desciframos cada uno de los siete criptogramas con la función real involutiva que diseñamos y con la misma secuencia cifrante, obteniendo de nuevo los siete textos en claro originales.

8. Conclusiones.

Hemos cumplido el objetivo fundamental de este trabajo, que consistía en realizar cifrados de flujo utilizando el modelo de cálculo teórico conocido como "autómatas celulares difusos", y en comprobar la bondad del sistema de cifrado mediante diversos tests de aleatoriedad y análisis de correlación.

Referencias.

[1] S. Wolfram, Theory and Applications of Cellular Automata, World Scientific, 1986.

[2] H. Gutowitz, "A Massively Parallel Cryptosystem Based on Cellular Automata", ESPCI, París, Francia, 1993.

[3] S. Nandi, B.K. Kar, P.P. Chaudhuri. "Theory and Applications of Cellular Automata in Cryptography", Proceedings of the IEEE Transactions on Computers, volumen 43, número 12, páginas 1346–1357, Diciembre 1994.

[4] O. Lafe, "Data Compression and Encryption using Cellular Automata Transforms", Proceedings of the IEEE International Joint Symposia on Intelligence and Systems (IJSIS), págs. 234–241, 1996.

[5] S. Sen, C. Shaw, D.R. Chowdhuri, N. Ganguly, P.P. Chaudhuri, "Cellular Automata based Cryptosystem", 4th International Conference on Information and Communications Security (ICICS), páginas 303–314, Singapur, 9–12 Diciembre 2002.

[6] A. Fúster-Sabater, "Cellular Automata in Stream Ciphers", Contemporary Mathematics, volumen 477, páginas 1–21, 2009.

[7] Á. Martín del Rey, A. Queiruga Dios, G. Rodríguez Sánchez, "Estudio de las propiedades de propagación de la divergencia de los autómatas celulares elementales", XI Reunión Española sobre Criptología y Seguridad de la Información (RECSI), volumen 1, número 1, páginas 25–30, Tarragona, España, 7–10 Septiembre 2010.

[8] K. Zhang, Z. Li, X.O. Zhao, "Edge Detection of Images based on Fuzzy Cellular Automata", Proceedings of the 8th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing, páginas 289–294, IEEE Computer Society Press, 2007.

[9] P. Maji, P.P. Chaudhuri, "RBFFCA: a Hybrid Pattern Classifier using Radial Basis Function and Fuzzy Cellular Automata", Fundamenta Informaticae, volumen 78, núm. 3, págs. 369–396, 2007.

[10] S. Basu, S. Basu, "Different Types of Linear Fuzzy Cellular Automata and their Applications", Fundamenta Informaticae, volumen 87, número 2, páginas 185–205, Noviembre 2008.

[11] K. Al-Ahmadi, L. See, A. Heppenstall, J. Hogg, "Calibration of a fuzzy cellular automata model of urban dynamics in Saudi Arabia", Ecological Complexity, volumen 6, número 2, páginas 80–101, Junio 2009.

[12] H. Wang, J. Jiang, L. Zhou, L. Du, "Image Processing Based on Fuzzy Cellular Automata Model", Proceedings of the 4th International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC), páginas 954–957, 7–9 Diciembre 2009.

[13] L.A. Mantelas, P. Prastacos, T. Hatzichristos, K. Koutsopoulos, "Using fuzzy cellular automata to access and simulate urban growth", GeoJournal, Earth and Environmental Science, Springer Netherlands, volumen 75, páginas 1–16, 2010.

Genetic algorithm to optimize base station sitting in WCDMA networks

N. Erradi[1], N. Aknin[1], A. Elfallahi[2] and A. El moussaoui[1]

[1]Laboratoire Systèmes d'Information et Télécommunications, Faculté des Sciences.
[2]ENSA de Tétouan
Université Abdelmalek Essaadi, P. O Box 2121 Tetouan 93000, Maroc.
n_erradi0105@yahoo.fr, aknin@uae.ma, aelfallahi@gmail.com, elmousaoui@uae.ma

Abstract. Classical coverage models adopted for the second generation cellular systems (2G), are not appropriated for the UMTS base station location problem. In fact, since the bandwidth is shared by all actives connections, so the area covered by each base station depends on the traffic distribution, the power control mechanism as well as the signal quality constraints. In this paper, we propose mathematical programming model for optimizing the base station locations considered for the uplink (mobile to BS) direction, and which considers the typical power control mechanism of WCDMA. The two contrasting objectives of the optimization process are the traffic coverage maximization and the installation costs minimization. A memetic algorithm (AM) (genetic algorithm+ a local search) is proposed to find good approximate solutions of this NP hard problem. The Numerical results are obtained for reels instances,and generated by using classical propagation models.

Mots-clés : Modèle d'Ukumura-Hata, UMTS, W-CDMA, Algorithmes Génétiques.

1. Introduction

Le problème du choix de l'emplacement optimal des sites WCDMA constitue une tache primordiale pour les opérateurs mobiles. En effet, le déploiement d'un réseau UMTS représente un investissement énorme lié essentiellement au coût des infrastructures. La mise en place du réseau d'accès radio représente une partie majoritaire du total des investissements en infrastructures. Dans ce contexte, l'optimisation des réseaux d'accès radio devient, pour un opérateur, un enjeu fondamental permettant d'économiser ces investissements, de réduire le nombre de sites à déployer, et de garantir une bonne qualité de service aux utilisateurs [2].

Les modèles classiques de planification adoptés dans les systèmes cellulaires TDMA sont basés uniquement sur la prédiction du niveau du signal et ils ne tiennent compte ni de l'effet de trafic sur la capacité d'une cellule, ni de l'impact du mécanisme de contrôle de puissance sur le niveau d'interférence global dans le système. Pour l'UMTS, et grâce à la technique d'accès de type CDMA [6], le dimensionnement se fait en tenant compte de l'interférence et en essayant de garantir une certaine qualité cible pour chaque connexion radio. Ainsi, la capacité va dépendre du niveau d'interférence tolérable dans le système et du fait de la forte corrélation entre les aspects couverture et capacité, le choix des emplacements des sites doit, nécessairement, tenir compte à la fois de ces deux aspects.

La modélisation des problèmes d'optimisation est une étape principale avant de définir les méthodes adéquates pour leurs résolutions. Le problème que nous traitons consiste à chercher les sites à installer parmi un nombre de sites potentiels tout en partant des modèles de propagation et de trafic bien définis [1], [3]. Le choix de positions des sites WCDMA peut être formulé mathématiquement comme étant un problème d'optimisation, sous contraintes, d'une fonction objective qui implique un coût financier et un autre coût lié à la quantité des puissances transmises dans le système.

2. Modèle de localisation pour la voie uplink

On considère une zone de service qu'on veut couvrir par un service UMTS. Soient *A* un ensemble de sites potentiels, *A = {1,..., s}* où des stations de base vont être installées et *T* un ensemble de point de test (TP), *T = {1,..., m}*. Un TP (Test Point) est une région assez petite de la zone de service à partir de laquelle une ou plusieurs connexions peuvent s'initier.

Chaque site j possède un coût d'installation noté Cj. On note par n_i le nombre de connexion simultanée par TP. Ainsi, elle peut correspondre au nombre de connexions actives ou simultanées par TP. C'est une fonction qui peut être déduite après l'étude et l'analyse du trafic demandé dans la zone à étudier.

Les informations de propagation sont aussi connues. En effet, soit $F = \{ f_{ij}\}_{1\le i\le m, 1\le j\le s}$ est la matrice du gain de propagation, où f_{ij}, $0<f_{ij}<1$, est le facteur de propagation [3], de la liaison radio entre un TP i et un site potentiel j.

Dans le problème de localisation des sites WCDMA nous souhaitons sélectionner un sous-ensemble de l'ensemble A des sites potentiels où les stations de base seront installées, et assigner les TPs aux sites convenables en tenant compte du trafic demandé, la qualité de service en terme de SIR et les coûts d'installation.

Le problème de l'emplacement des stations de base dans le cadre de l'UMTS, dans la direction uplink, est modélisé par le problème d'optimisation suivant :

$$\min \quad \sum_{j=1}^{s} C_j\, a_j + \mu \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{s} n_i \frac{1}{f_{ij}} b_{ij} \qquad (1)$$

Sous les contraintes:

$$\sum_{i=1}^{m} b_{ij} = 1 \qquad i \in T \qquad (2)$$

$$b_{ij} \le a_j \qquad i \in T;\ j \in A \qquad (3)$$

$$b_{ij}, a_j \in \{0,1\} \qquad i \in T;\ j \in A \qquad (4)$$

Le premier terme de la fonction objective correspond à la somme des coûts d'installation des sites. Ainsi le rapport $1/ f_{ij}$ est proportionnel à la puissance émise par un TP i assigné au BS (station de base) j, le deuxième terme correspond au totale des puissances émises. $\mu \ge 0$ est le paramètre de différence entre les deux fonctions objectives. La contrainte (2) assure qu'un TP ne peut se raccorder qu'à une seule station de base. La contrainte (3) impose que les TPs sont assignés uniquement aux sites où les stations de base sont installées. Les deux variables de décisions, b_{ij}, a_j, ont des valeurs binaires 0 ou 1.

En UMTS, les mobiles sont beaucoup plus limités en puissance qu'en réseau GSM [6]. La contrainte de limitation en puissance stipule qu'un TP ne peut pas être raccordé à un site avec une puissance supérieure à ce qu'il peut délivrer. Un autre aspect fondamental est la qualité du signal reçu par chaque BS qui permet d'identifier la capacité d'un site [4]. Elle définit le nombre de connexions supportées par une station de base donnée (BS). Le critère adopté pour qu'un TP puisse communiquer avec une telle station de base est basé sur la valeur du *SIR*. En effet, un TP sera raccordé à un site donné si la valeur de son *SIR* est supérieure ou égal à une valeur minimale fixée. Pour chaque connexion on concrétise cette contrainte par l'inégalité suivante [3] :

$$\mathrm{SIR} = \mathrm{SF}\frac{\mathrm{P_{reçue}}}{\mathrm{I_{intra}}(1+\mathrm{f})} \geq \mathrm{SIR_{min}} \qquad (5)$$

Nous assumons que les interférences causées par les cellules voisines (I_{extra}) peuvent être exprimé par f, facteur des interférences causées par les autres connexions de la même cellule (I_{intra}). La puissance reçue $P_{reçue}$ par une station de base j, d'un TP assigné à ce site, est égale à une puissance P_{target}. Notre modèle final simplifie le problème de localisation des sites qui est parmi les problèmes NP-difficile [1],[2],[7].

Pour avoir le modèle plus réel, les interférences extracellulaires doivent être explicitement et indépendamment considérées des interférences intracellulaires. Cependant, pour une connexion uplink entre un TP i et une station de base j, il n'y a pas une différence significative entre les deux types d'interférences [6]. Avec une puissance reçue basée sur le mécanisme de contrôle de puissance, l'interférence globale dans le système, pour chaque site potentiel j$\in A$, aura l'expression suivante:

$$\frac{\mathrm{P_{target}}}{\sum_{h=1}^{m} n_h f_{hj} \sum_{t=1}^{s} \frac{\mathrm{P_{target}}}{f_{ht}} b_{ht} - \mathrm{P_{target}}} \geq \mathrm{SIR_{min}} a_j \qquad (6)$$

Où le bruit thermique est négligé. Cette contrainte assume que si une station de base est installée au site j (i.e, a_j = 1), la valeur du SIR résultante doit dépasser la valeur donnée du SIR_{min}.

3. Méthodes d'optimisation et les résultats obtenus

3.1. Principe de base de l'algorithme génétiques

Le problème de localisation des stations de base d'un réseau UMTS est un problème NP difficile [1-2]. Pour la résolution de ce problème nous proposons un algorithme memetic (AM) basé sur la méthodologie des algorithmes génétique plus une recherche locale.

Les algorithmes génétiques s'appuient fortement sur un codage binaire sous forme de chaîne 0/1 de longueur fixe s*m et qui représente une configuration (du problème) de la solution appelé individu. Les opérateurs génétiques : le croisement, la mutation et la sélection [7], sont définis de manière à opérer aléatoirement sur un individu ou deux pour produire de nouvelles configurations.

Généralement les AGs sont sensibles à la distribution de la population initiale. L'adaptation des opérateurs génétiques à notre problème et l'hybridation avec la recherche locale rend notre méthode en mesure de produire des résultats de bonne qualité. En effet, les deux opérateurs génétiques permettent à l'AM d'exploiter et d'explorer l'espace de recherche efficacement en orientant la recherche vers les régions les plus prometteuses. Plutôt que de trancher de façon déterministe en faveur des individus les

mieux adaptés, les AGs ne font que les favoriser au moyen de règles probabilistes. Ce qui laisse une petite marge de manœuvre pour les individus les moins bons afin de survivre et se reproduire. Et pour mieux favoriser ce principe, on a introduit la recherche locale dans chaque itération de l'algorithme génétique (figure 1) avec une probabilité p_{ls}.

L'étape de l'évaluation de la fonction fitness permet le choix des meilleurs individus crées, en mettant en ordre la fitness du meilleurs au pire individu dans la population de taille 100. La recherche s'arrête quand le nombre d'itérations limite est atteint.

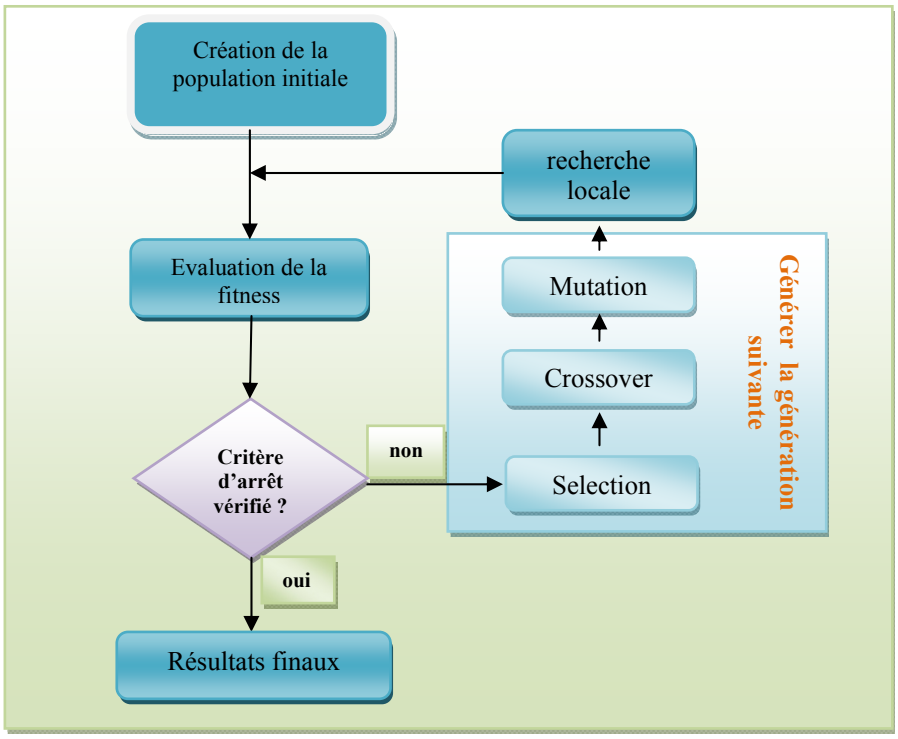


Figure 1 : modèle d'optimisation utilisant l'algorithme génétique et la recherche locale

3.2.Résultats numériques

Dans notre simulation, nous allons nous intéresser au modèle de base. Le contrôle de puissance est important pour le bon fonctionnement d'un réseau WCDMA. En effet, Il permet de répondre aux besoins des utilisateurs et minimiser les interférences globales dans le réseau. Pour cela, nous supposons que le mécanisme de contrôle de puissance est parfait et se base sur la puissance reçue.

Nous avons étudié le cas d'un environnement urbain et multi service, service voix de débit 12.2 kbps, service data de débit 64 kbps et 384 kbps. Nous prenons le modèle d'Okumara-Hata [3] comme modèle de propagation; l'affaiblissement est donc donné par l'équation:

$$\begin{aligned} A_u = {} & 69.55 + 26.16\log(F) - 13.82\log(H_b) \\ & - [(1.1\log(F) - 0.7)H_m - (1.56\log(F) - 0.8)] \\ & + [44.9 - 6.55\log(H_b)]\log(d) \end{aligned} \qquad (7)$$

Où F est la fréquence du signal en mégahertz, H_b et H_m sont respectivement la hauteur de la station de base et la hauteur du mobile en mètre, d est la distance en kilomètre.

Pour la simulation, nous considérons les paramètres présentés dans le suivant tableau1 [1] :

Paramètres	Valeurs
Fréquence (en Mhz)	2000
Hauteur des TPs (en mètre)	2
Hauteur des sites (en mètre)	10
Puissance cible des TPs (en dBm)	-100
Puissance maximale des TPs en (dBm)	30
SIR_{target} service voix (en dB)	6
SIR_{target} service data 64 kbps (en dB)	3.2
SIR_{target} service data 384 kbps (en dB)	1
Nombre de connexions par TP	1

Tableau 1 : Paramètres des simulations

La répartition selon une loi uniforme de l'emplacement des TPs. Les instances de tailles moyennes sont caractérisées par une zone de service de taille 400*400 m, m =95 TPs et s=22 sites potentiels. Le coût d'installation des sites est constant Cj=C pour tout j de A.

Les sites minimums activés (figure 2), parmi 22 sites potentiels, sont entre 7 et 9 sites pour 4 distributions de ZU1 à ZU4 (zone urbaine). Chaque ZUi est exécuté 20 fois (tableau2). Le trafic demandé est toujours satisfait.

	# de BSs	Temps d'exécution (mn)	# moyen
ZU-1	8	13	8.5
ZU-2	7	12	7.4
Z-U3	8	12	8.4
ZU-4	8	13	8.6

Tableau 2 : résultats obtenus pour m=95, s=22

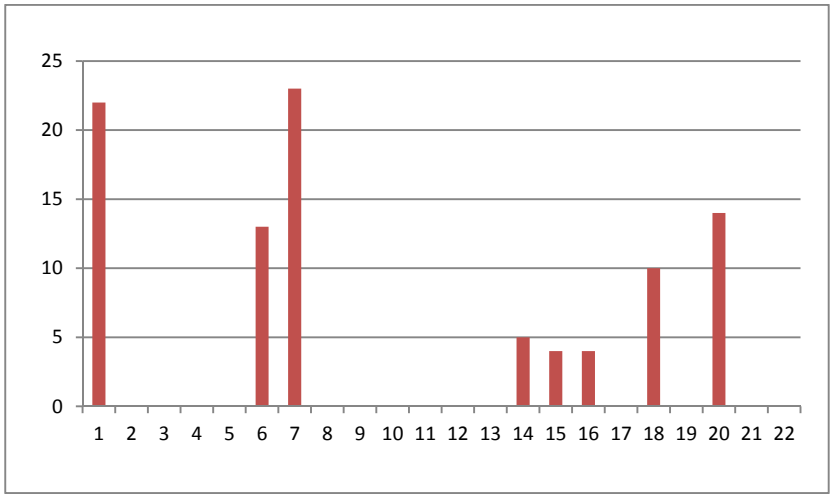


Figure 2 : nombre de connexions

4. Conclusion

Nous avons étudié un modèle d'optimisation de l'emplacement des stations de base dans la norme UMTS et dans le cas de la voie uplink. L'utilisation de l'algorithme génétique et son hybridation avec la recherche locale a montré une grande efficacité afin de ne pas avoir une convergence prématurée et aussi pour éviter les optima locaux. Notre étude concernait le service voix et data, avec un modèle de propagation classique. Comme perspective à ce travail, nous visons exécuter les simulations sur des instances plus larges, et étudier le même modèle mathématique avec la recherche tabou.

Références

[1] E. Amaldi, A. Capone, F. Malucelli. Optimization models and algorithms for downlink UMTS radio planning. Manuscript, (2003).

[2] E. Amaldi, A. Capone, F. Malucelli. Optimizing base station siting in umts networks. In Proceedings of IEEE VTC Spring (2001).

[3] M. Hata. Empirical formula for propagation loss in land mobile radio service. IEEE Trans. On Vehicular Technology, (29:317-325, 1980).

[4] R. Mathar and T. Niessen. Optimum positioning of base stations for cellular radio networks. Wirelless Networks, pages (421-428, 2000).

[5] C. Oliva. Techniques hybrides de propagation de contraintes et de programmation mathématique. Thèse, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, (2003).

[6] J. Laiho, A. Wacker, T. Novasad. Radio network planning and optimization for UMTS. Copyright by John Wiley and Sons, (2002).

[7] J.Dréo, A.Pétrowski, P.Sinrry, E.Taillard. Metaheuristics for Hard Optimization, Springer (2006).

Circular Disc with a slit form H and Semicircular Disc Monopole Antennas for UWB Communication

Diallo Yaccoub Mohamed Hamidne, Noura Aknin, Ahmed EL Moussaoui

Information and Telecommunications Systems Laboratory, Faculty of sciences, Tetouan,
Abdelmalek Essaâdi University, Morocco
yadiallo82@gmail.com , aknin@uae.ma , elmoussaoui@uea.ma

Abstract. Because of its low cost and its compact design, the printed antenna is one of the best antenna structures. In this communication we studied a new approach to improve the effectiveness of the radiation and execution of the antennas with the miniaturization of the size. In fact, we simulated three types of UWB antennas: a circular antenna, a circular antenna with slit and a semi circular antenna with slits, in order to increase the compactness and decrease the size. The study was done for the whole frequency band of UWB; from 2.85GHz to 23GHz. The geometry of the antennas and the results were obtained by using the software simulator CST Micro wave Studio 4.2. The detailed design and the obtained results are shown and discussed in this communication.

Keywords: UWB application, Circular and Semicircular antenna, monopole antenna.

1. Introduction.

En février 2002, la commission fédérale (en anglais (FCC)) a limité les niveaux d'émission des signaux ULB (EIRP =-41,3 dBm/MHz) pour un spectre de fréquences allant de 3.1GHz à 10.6 GHz. La technologie Ultra Large Bande (ULB) pourrait être intégrée à un grand nombre d'applications dans la gamme courte, et les systèmes de communications sans fil à grande vitesse, tels que les radars à pénétration du sol, d'imagerie de l'intérieur des murs et à travers les murs, d'imagerie médicale, réseaux locaux de haut débit (WLAN), systèmes de communication pour des militaires, et radars courts d'impulsion pour des véhicules à moteur ou la robotique. Le terme ULB désigne les systèmes qui transmettent et reçoivent des ondes à une grande largeur de bande fractionnelle (LBf) ou une grand bande absolue. Le contenu de l'information et/ou la simplicité d'exécution. L'intérêt des antennes ULB est multiple: utilisation efficace du spectre radio, possibilité de mise en place d'une interface radio réellement universelle, circuits de faible coût et de très petite taille. Un autre argument de poids en faveur de cette technologie qui est avancé par les constructeurs de circuits ULB est la faible consommation de ces circuits. Cette faible consommation serait due à deux facteurs essentiels: la simplicité des émetteurs/récepteurs dont la partie radiofréquence est minimaliste et un bilan de liaison plus favorable aux signaux ULB qu'aux signaux à bande étroite ou large.
Dans cette communication, nous présentons la miniaturasition d'une antenne ULB imprimée et excitée à travers une ligne microruban, l'antenne de base est une antenne patch ayant un disque comme élément rayonnant avec un plan de masse couvrant de moitié la face inférieur de l'antenne (fig1).

2. Confugurations et résultat :

L'antenne de base est composée d'un disque de rayon r=7.5mm imprimé sur un substrat diélectrique FR4 de longueur L=32mm et de la largeur W=30mm avec une permittivité relative de 4.4 et une épaisseur de 1.5mm, l'antenne est alimenteé par une ligne mircoruban 50Ω de longueur 16.5mm et de largeur w=0.8mm, le tout est posé au dessus d'un plan de masse de dimension 30× 15.5mm^2 comme le montre la figure1 .

Nous avons, à partir de l'antenne de base, gavé une fente en forme de « H » au centre du disque constituant l'element rayonnant (fig5) et une autre sur le plan de masse sous la ligne microruban. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 6 et 7. Puis, nous avons etudié une second antenne (fig10) qui n'est autre que l'antenne avec la fente en « H » mais avec un semi disque et un plan de masse similaire à l'antenne de base (fig1). La largeur de la bande de fonctionnement en dessous de -10dB s'étend de 2,85 à 23 GHz. La conception et l'étude des antennes proposées sont réalisées à base du logiciel de simulation CST (Computer Simulation Technology)

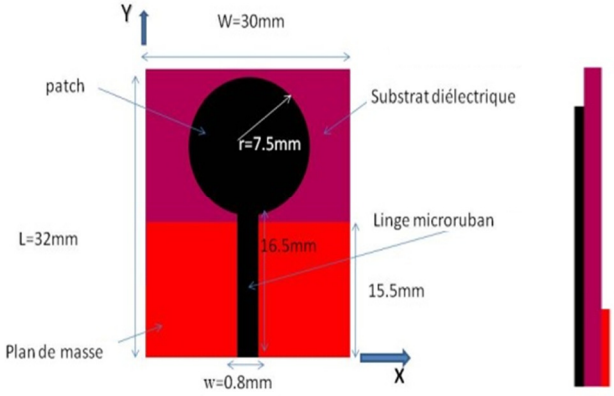


Fig.1. la géométrie de l'antenne ULB circulaire ULB sans fente

Nous savons que la largeur de bande de fonctionement est considérablement affectée par certains paramètres comme les dimensions de l'élément rayonnant, la taille du plan de masse. Le coéfficient de réflexion simulé est immustré par la figure2. Nous obtenons une bande de résonance en dessous de -10 dB de 2.88 à 23GHz.

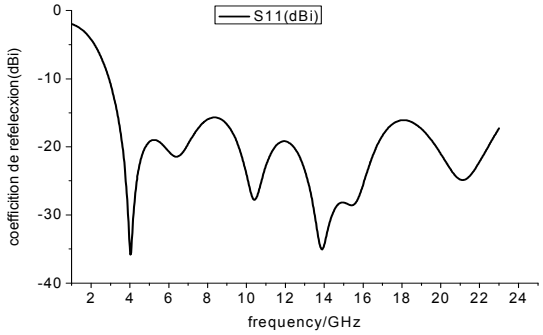


Fig.2. Le coefficient de réflexion de l'antenne à disque circulaire ULB sans fente

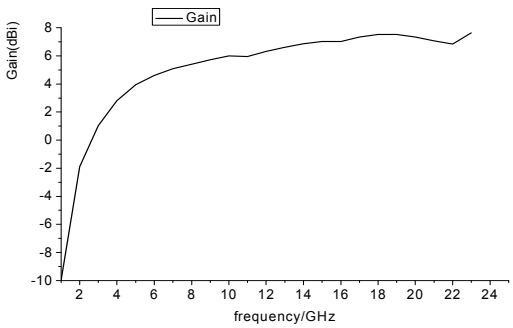


Fig.3. Le gain de l'antenne à disque ULB sans fente

Le schema ci-dessous montre les diagrammes de rayonnement à differentes frequences, 3Ghz, 4Ghz, 5Ghz, 10Ghz, 15Ghz et a 20Ghz qui sont quasiment omnidirectionnels pour tout toutes ces frequences.

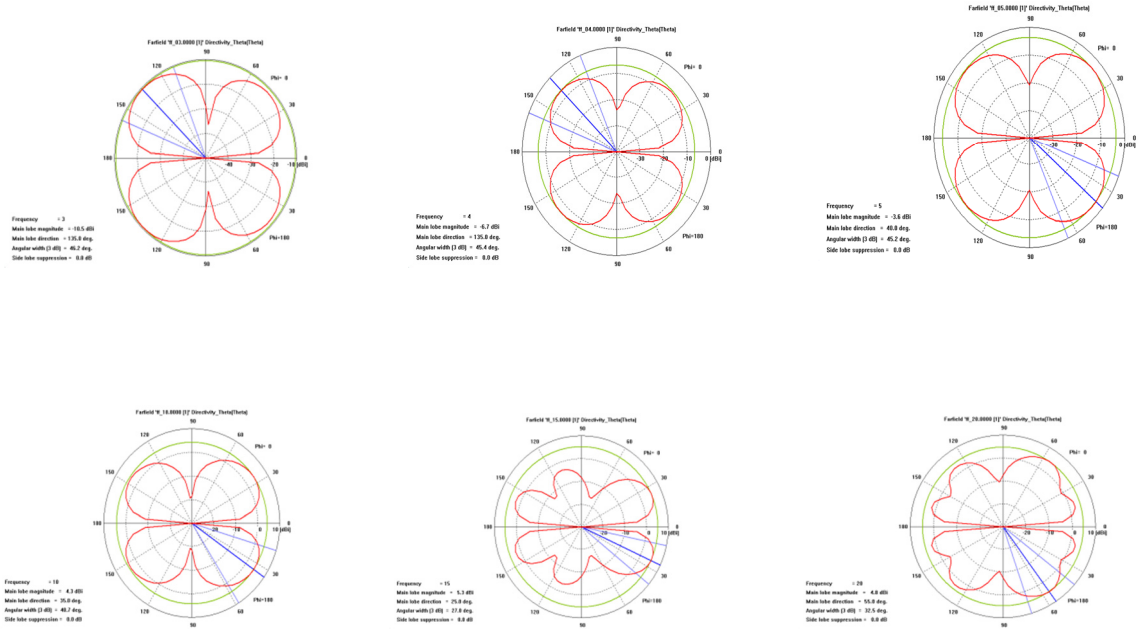


Fig.4.diagramme de rayonnement de l'antenne ULB circulaire sans fente

La figure.5 présente une antenne avec une fente sous forme de H au niveau du disque et une autre au niveau du plan de masse.

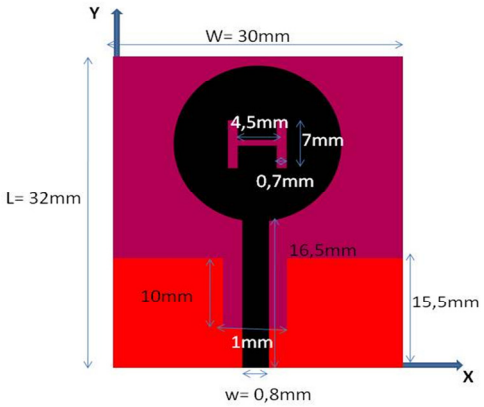


Figure.5: antenne circulaire avec des fents

Les graphes ci-dessous montrent: le coefficient de réflexion S11 et le gain.

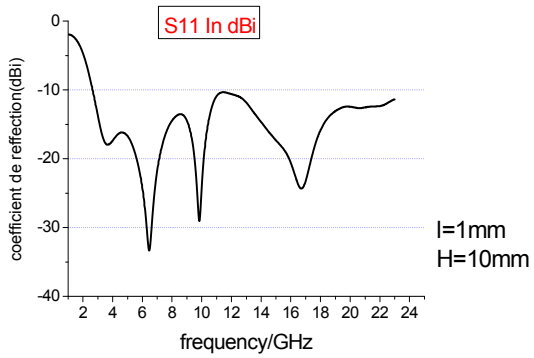


Fig.6. Le coefficient de réflexion de l'antenne à disque circulaire ULB avec les fentes

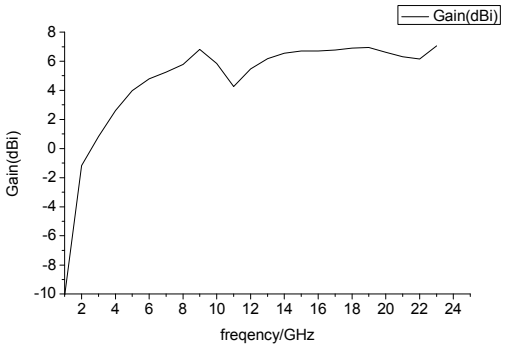


Fig.7. le gain de l'antenne à disque circulaire ULB avec les fentes

La figure.8 : montre la variation du coefficient de réflexion en fontion de la largeur de la fente du plan de masse.

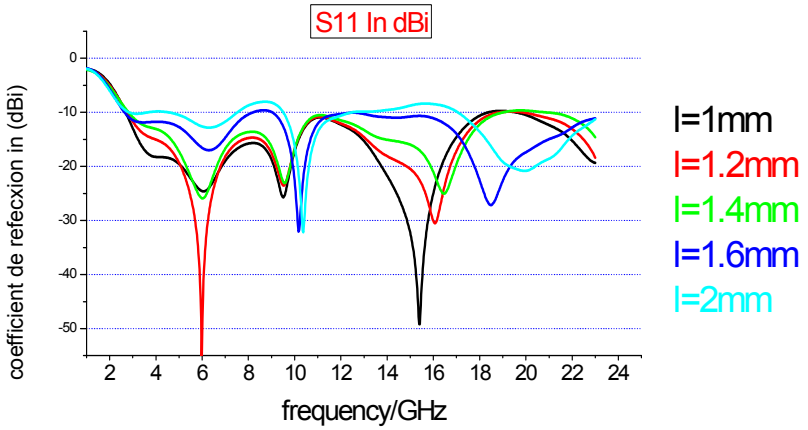


Fig.8. les coefficients de réflexions en fonction de la largeure de la fente

La figure .9 : montre la variation du coefficient de réflexion en fonction de la longueur de la fente du plan de masse.

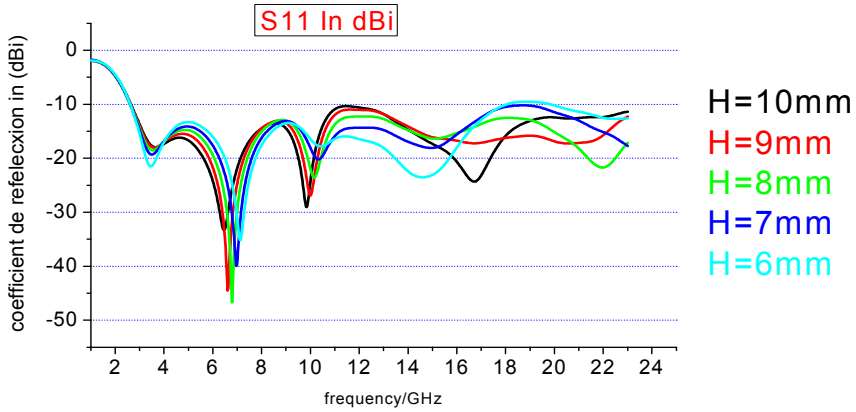


Fig.9. les coefficients de réflexions de l'antenne en fonction de la longueure de la fente

La figure 10 présente une antenne avec un élément rayonnant semi circulaire avec deux fentes.



Fig.10. La géométrie de l'antenne demie –disque ULB

La fig.11. montre le coefficient de réflexion variant entre 3.4ghz à 23ghz et nous donne les points de résonance suivants : 7.18Ghz et 12.35Ghz, 15.86Ghz et 20.56Ghz

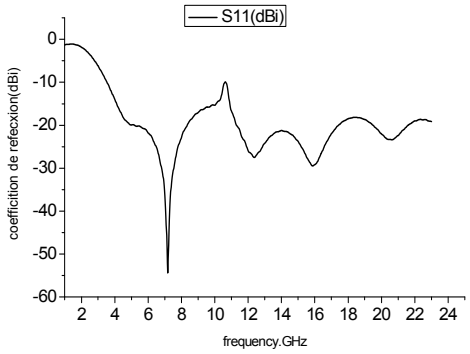


Fig.11. Le coefficient de réflexion de l'antenne demi –disque ULB

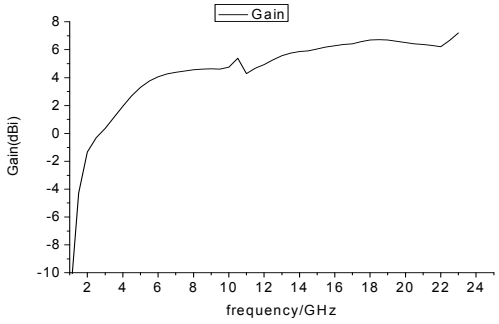


Fig.12.Le gain de l'antenne demi -disque ULB

3-Conclusion.

Dans cette communication, nous avons étudié trois antennes imprimées pour les applications Ultra Large Bande (ULB). Ces antennes sont fondamentalement concues pour améliorer la taille et l'éfficacité. Ces structures proposées sont moins fragiles facilement intergrables dans la technologie microbande. Les résultats des simulations ont montrés que les antennes proposées couvrent le fonctionnement ultra large bande inclus dans la bande de fréquence définis par la FCC. Les deux dernières antennes sont très compactes et ont une éfficacité plus élevée de rayonnement.

References

[1]-Li-Ming Si, Hou-Jun Sun, Yong Yuan, and Xin Lv.,"*CPW-fed Compact Planar UWB Antenna with Circular Disc and Spiral Split Ring Resonators*.",PIERS Proceedings, Beijing, China, March 23–27, 2009

[2]-X.-F. Zhu and D.-L. Su, "*a study of a compact microstrip-fed uwb antenna with an open t-slot "Research Letters*, 'Vol. 13, 181–189, 2010

[3]-Ramu PILLALAMARRI 1, G. Sasi Bhushana RAO2, S. Srinivasa KUMAR1, "*a novel approach for efficiency enhancement and size miniaturization of uwb printed antennas*, "international journal of engineering. Tome viii (year 2010)

[4]- Ramu PILLALAMARRI 1, G. Sasi Bhushana RAO, "Novel *printed Circular Disc Microstrip Line Fed Monopole Antennas For UWB Applications*".Volume 50, Numbre3, 2009

[5]-Evangelos S. Angelopoulos, Argiris Z.Anastopoulos, "*Circular and Elliptical CPW-Fed Slot and Microstrip-Fed Antennas for UWB Applications*"IEEE Antennas and Wireless propagation Letters, vol.5, 2006

[6]-Meng Zhang, Xilang Zhou, Jia Guo and Wenyan Yin, "a *novel ultra-wideband planar antenna with dual band-notched performance*, 2010

Thin Dielectric Resonator Antenna for 8GHz and 10GHz applications

A. Jaoujal, N. Aknin and A. El Moussaoui

Information and Telecommunications Systems Laboratory
Faculty of Sciences, Abdelmalek Essaadi University. P. O Box 2121 Tetuan 93000, Morroco
jaoujal.ac@gmail.com, aknin@uae.ma, elmoussaoui@uae.ma

Abstract. In this work, we proposed a thin rectangular dielectric resonator antenna using two dielectrics (Al2O3 and Arlon Di 522) with different dielectric constants (9,8 and 2,5 respectively), and fed by the strip-fed method (coax + conducting strip). At the DRA back face we have placed a strip identical to the strip fed. As a result, this paper presents the characteristics of a new ultra wide band antenna (~38%) operating at 8 GHz and 10 GHz bands.

Keywords: Thin DRA, strip-fed method, ultra wide band antenna.

1. Introduction.

For several applications, many antenna engineers have been tried to design compact size antennas with wide bandwidth performance. The dielectric resonator antennas (DRA) are a technological solution which meets the increasing demand of bandwidth, and are a good option to reach the above needs. Because they present very interesting characteristics such as high radiation efficiency, low dissipation loss, small size, light weight, and low profile, since the use of dielectric resonator as an antenna was originally proposed in 1983 [1].

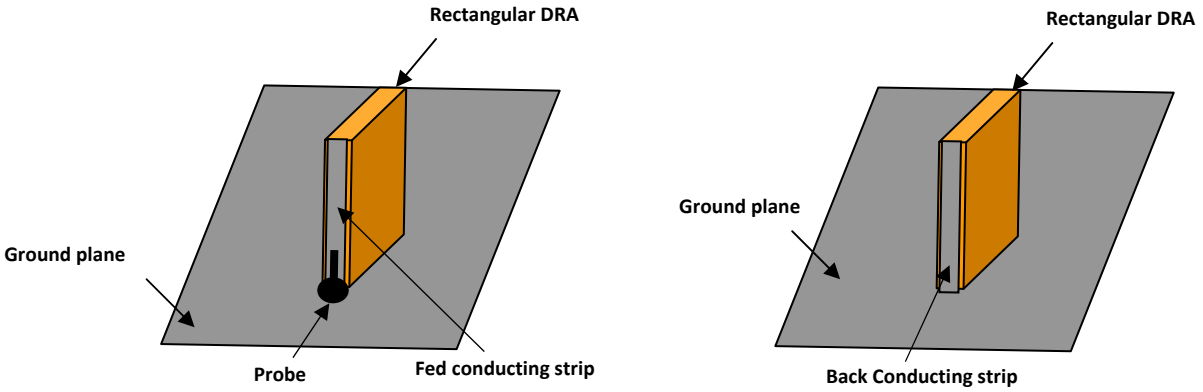
The researchers had done significant efforts for DRAs to achieve wide bandwidth enhancements. Using the advantage of DR structure flexibility, various geometries of DRAs such as conical, [2], elliptical [3, 4], tetrahedral [5], well [6], stair [7] and H-shaped [8] were proposed for bandwidth enhancement techniques. To integrate easily antennas in the wireless devices, the volume of the antennas must be small as possible. In the literature we can find a few investigations which were aimed to develop compact DRAs for mobile handsets and wireless communications [9], [10], [11], [12], [13]–[14].

In this work we present a thin and small dielectric resonator antenna with a very large wide band (~38%), and we propose a technique to enhance the bandwidth and the gain.

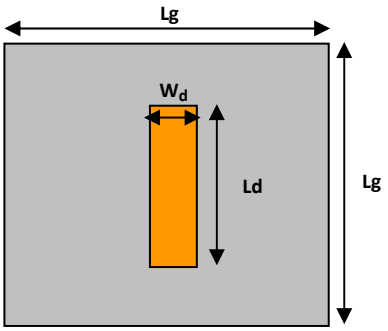
2. Developing the problem.

2.1. Antenna design.

Figure 1 shows the studded antenna. The rectangular DRA is excited the strip-fed method (Fig 1.a) [15-16]. At the back face we have placed an identical strip in front of the first one (Fig 1.b) to excite more than mode [16]. The size of the DRA is 0.9 mm width, 10.15 mm length, and 7 mm thickness with a dielectric constant of 2.5. The DRA is mounted on a 30 x 30 mm2 ground plane.



a. Frontal view b. Back view



a. Up view

Fig. 1 Configuration of the studded antenna.

With: Wd= 0.9 mm, Ld= 10.15 mm, Hd= 7 mm, Lg= 30 mm and ε_r= 2.5.

2.2. Results.

Figure 2 shows the reflection coefficients of the studded rectangular DRA, obtained from the simulation using HFSS and CST commercials software. It is noticed that the reflection coefficients are less than over the entire bandwidth for both simulated results. The antenna is operating at 8 and 10 GHz, and the resulted impedance matching bandwidth is about 31.97%.

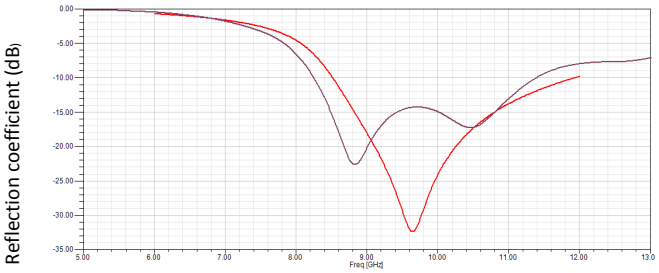


Fig. 2 The reflection coefficient of the studded antenna.

The E and H planes at 8.824 GHz and 10.44 GHz are presented in figures 3 and 4. As shown the figures bellow, the radiation patterns in the two planes are unidirectional.

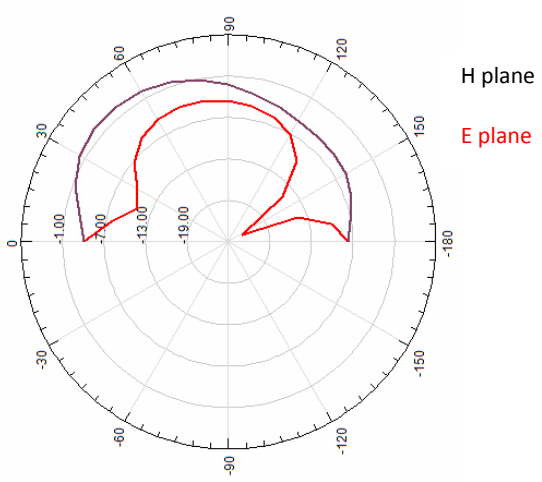


Fig. 3 Simulated radiation patterns of the proposed antenna at 8.824 GHz.

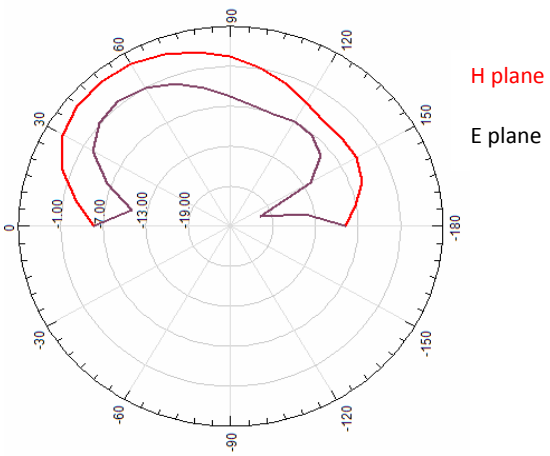
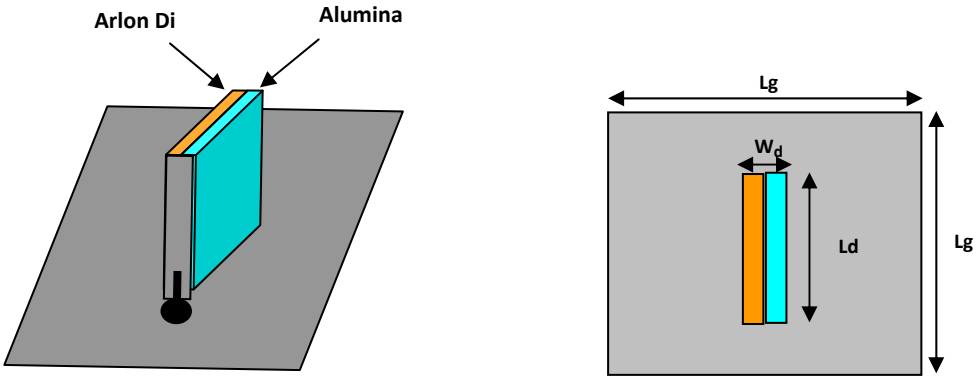


Fig. 4 Simulated radiation patterns of the proposed antenna at 10.44 GHz.

2.3. *Modified antenna:*

As shown in figure 5, the half of our studded antenna was replaced by the Alumina (Al2O3) with a dielectric constant of εr= 9.8. So, now the antenna is composed by two different dielectric resonators.



a. Frontal view b. Up view

Fig. 5 Configuration of the modified antenna.

This modification was carried out to enhance the bandwidth. In fact, the figure 6 presents a comparison between the first presented antenna and the modified one. While the first rectangular DRA model provides a 31.97% impedance matching bandwidth, the modified DRA provides much wider impedance matching bandwidth of around 38.34%. So, with this technique the bandwidth it improved about +6.37%, and the maximum obtained gain is 10.65 dBi at 8GHz.

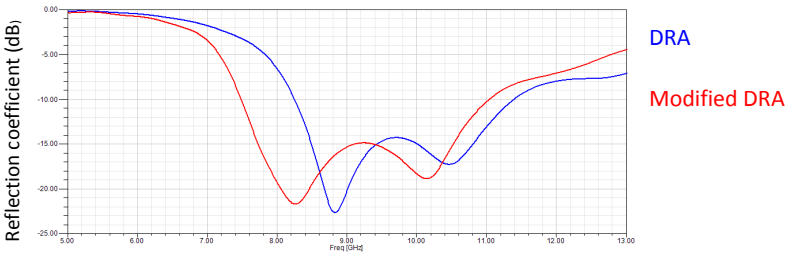


Fig. 6 Comparison between DRA and modified DRA reflection coefficient.

Figure 7 shows the VSWR of the modified antenna, we can notice that the VSWR is less than two along the matching bandwidth (7, 48-11, 04 GHz).

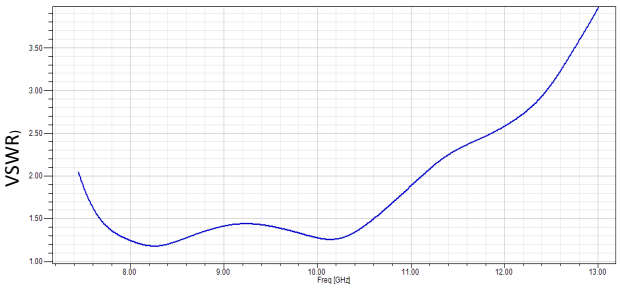


Fig 7 VSWR of the modified antenna

3. Conclusions.

A hybrid dielectric resonator antenna was presented, which is comprised by two different materials and feed by the strip fed method. The proposed structure provides height bandwidth as compared to the first studded DRA. As results, the antenna has a large bandwidth (7, 48-11, 04 GHz), and impedance matching bandwidth of 38.34%. The maximum radiation gain obtained is 10, 65 dBi at 8GHz.

Acknowledgements

The support of the EuroMediterranean Scientific Congress on Engineering committee is acknowledged.

References

[1] S. A. Long, M.W. McAllister, and L. C. Shen, “The resonant cylindrical dielectric cavity antenna,” IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 31, no.5, pp. 406–412, May 1983.

[2] A. A. Kishk, Yan Yin, A. W. Glisson, “Conical Dielectric Resonator Antennas for Wideband Applications,” IEEE Transactions Antenna and Propagations, vol. 50, pp. 469-474, April 2002.

[3] A. A. Kishk, “Elliptic Dielectric resonator Antenna for Circular Polarization with Single Feed,” Microwave and Optical Technology Letters, vol. 37, no. 6, pp. 454-456, June 2003.

[4] P. V. Vijumon, S. K. Menon, M. N. Suma, B. Lehakumari, M. T. Sebastian, and P. Mohanan, "Broadband elliptical dielectric resonator antenna ” Microwave and Optical Technology Letters, vol. 48, no. 1, pp. 65-67, Jan 2006.

[5] A. A. Kishk, ”Wideband Dielectric Resonator Antenna in a truncated tetrahedron form excited by a coaxial probe,” IEEE Transactions Antenna and Propagations, vol. 51, no. 10, pp. 2907-2912, October 2003.

[6] T.-H. Chang, J.-F. Kiang, "Broadband Dielectric Resonator Antenna with an Offset Well," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 6, pp. 564-567, 2007

[7] R. Chair, A. A. Kishk, and Kai-Fong Lee, "Wideband Stair-Shaped Dielectric Resonator Antennas," IET Microwaves, Antennas & Propagation, Vol. 1, Issue 2, pp. 299-305, April 2007.

[8] X. L. Liang and T. A. Denidni, "H-Shaped Dielectric Resonator Antenna for Wideband Applications," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 7, pp. 163-166, 2008.

[9] M. Lapierre, Y. M. M. Antar, A Ittipiboon and A. Petosa, "Ultra wideband monopole/ dielectric resonator antenna," IEEE Microwave Wireless Comp. Lett. Vol. 15, No. 1, pp. 7-9, Jan. 2005.

[10] D. Guha, Y. M. M. Antar, A. Ittiboon, A. Petosa, and D. Lee "Improved design guidelines for the ultra wideband monopoledielectric resonator antenna," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 5, pp. 373-376, 2006.

[11] F. R. Hsiao, J. S. Kuo, T. W. Chiou, and K. L. Wong, "A broadband very-high-permittivity dielectric resonator antenna for WLAN application in the 5.2 GHz band," Microw. Opt. Technol. Lett., vol. 32, no. 6, pp. 426–427, 2002.

[12] A. A. Kishk, R. Chair, and K.-F. Lee, "Broadband dielectric resonator antennas excited by L-shaped probe," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 54, no. 8, pp. 2182–2189, Aug. 2006.

[13] T. A. Denidni, Q. Rao, and A. R. Sebak, "Broadband L-shaped dielectric resonator antenna," IEEE Antennas Wireless Propag. Lett., vol. 4, pp. 453–454, 2005.

[14] V. Hamsakutty et al., "Hexagonal dielectric resonator antenna for 2.4 GHz WLAN applications," Microw. Opt. Technol. Lett., vol. 49, no. 1, pp. 162–164, Jan. 2007.

[15] Bin Li and Kwok Wa Leung, "Strip-Fed Rectangular Dielectric Resonator Antennas With/Without a Parasitic Patch", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, VOL. 53, NO. 7, JULY 2005.

[16] A. Jaoujal, , Noura Aknin and Ahmed El Moussaoui "Dual-Band Rectangular Dielectric Resonator Antenna for ISM and 4 GHz bands applications", IEE libraries 2010.

High Permittivity Multilayer Ultra Wide band Antenna for Wireless Communications

O. Aghzout[1], A. Naghar[1], O. El Mrabet[2], O.Chakkor[1], N. Raissouni[1], F. Falcone[3] & M. Essaaidi[2]

[1]National School of Engineering, ENSA. Abdelmalek Essaâdi University
[2]Electronics and Microwave Group, Abdelmalek Essaâdi University, Tétouan, Morocco.
[3]Millimeter and Terahertz Waves Laboratory, University of Navarre, Pamplona, Spain.
otman.aghzout@uae.ma

Abstract. In this paper, a detailed study of a proposed Rectangular Dielectric UWB Antenna is presented. The high permittivity dielectric material to minimize the antenna dimensions is also discussed. Moreover the modified shaped patch antenna studied offers improved bandwidth and allows miniaturization in size. The considered antenna can be used for several applications, especially in the GSM, Bluetooth, WiFi, WiMax, all bands GPS frequencies, ISM band and ultra wide band applications. The simulation results of return loss, gain and radiation pattern of CST Microwave Studio are presented and compared with those obtained by HFSS simulator.

Keywords: UWB patch antennas, bandwidth, miniaturization, wireless technologies.

1. Introduction.

UWB technology has several advantages that are the reasons that make it very attractive for consumer communications; it promises to revolutionize high data rate transmission and enables the personal area networking industry leading to new innovations and greater quality of service to end user. In the last few years, the microstrip antennas are the most rapidly developing antennas. These antennas have a wide application in the field of mobile communications, integrated systems, satellites, and so forth. The microstrip antennas have many advantages compared with the conventional microwave antennas which are light weight, small size, low cost, and ease of installation. One of the most important disadvantages of the microstrip antennas is their limited bandwidth, especially to cover a certain band of a specific application.

The explosive growth of wireless communication systems has led to an increasing demand for integrating an antenna with a compact low-cost RF front end [1]. Patch antennas have a planar structure, suitable for integration on a multilayered material, such as multilayer organic (MLO) or low temperature co-fired (LTCC) materials. The LTCC multilayer technology is becoming more and more popular for its flexibility in realizing an arbitrary number of layers with easy-to-integrate circuit components like via-holes, thick film resistors, cavity-buried or top-mounted simultaneous multi-threading (SMT) components, or even chip devices. Typically LTCC materials possess a high dielectric constant. On one hand, this helps to miniaturize the antenna size due to the shorter wavelengths in such high dielectric-constant materials and the resonant nature of the patch radiator.

The principal aim of this article is to propose a suitable structure design of a compact antenna for 2G, 3G and UWB communication systems. The geometrical configuration of these antennas, especially the

dielectric permittivity, the thickness of the upper substrate, the partial ground plane and the position of the feed line are the critical parameters which allow to obtain the desired operational bands, covering several mobile and wireless communication technologies precisely GSM (890-960 MHz), DCS1800 (1710-1880 MHz), PCS 1900 (1850-1950 MHz), UMTS (1920-2170 MHz), IEEE 802.11b, Bluetooth and GPS Frequency band.

2. Antenna design.

2.1 geometry of the proposed antenna

The proposed antenna consists in a rectangular patch antenna printed on the Gallium Arsenide Substrate of permittivity 12.9 with loss tangent 0.006. The size of the substrate is ($W_s \times L_s \times H_1$) = (32 mm ×13 mm ×3.5 mm). The dimensions of feed line and the partial ground plane are optimized to be 2.5 mm×7.8mm and 13mm×4mm respectively. The feed line was excited by RF source with impedance of 50 Ω.

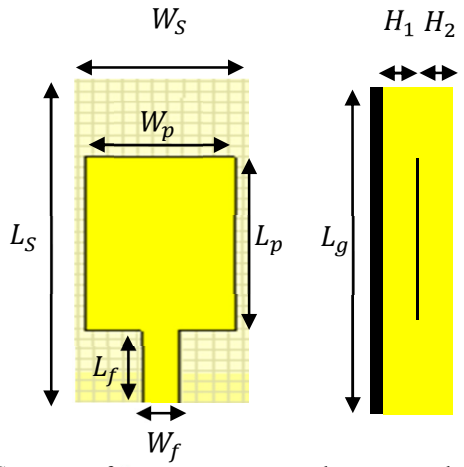


Fig. 1 Geometry of the compact proposed antenna under study.

Another high dielectric permittivity on the radiated element it has been implemented. This upper Substrate will have a big influence over the operating frequency band of the proposed antenna. The operational bands of this antenna are affected by different parameters such as the dielectric permittivity of the upper substrate, the length of the partial ground and the introduction of slots. The optimized values of the several parameters are as follow: W_p= 10 mm, L_p= 16.2 mm, H_2= 0.8 mm and the dielectric permittivity of the upper Substrate is 25.

2.2. Basic antenna parameters.

The geometrical parameters which affect the antenna performance will be analyzed to drive some design rules. Fig. 2 shows the Return Loss simulation for different values of the ground plane L_g: the rest of antenna parameter are fixed in W_p= 10 mm, L_p= 16.2 mm, H_2= 0.8 mm, W_s= 32 mm, L_s= 1 3 mm, H_1= 3.5 mm, W_f=2.5 mm, L_f =7.8 mm. The dielectric permittivity of the upper Substrate is always 25. We conclude that the dimension of the ground plane have a big effect on the bandwidth. It can be seen that this geometry can operate for several technologies making it suitable for wide band applications. In the rest of this paper we will maintain the partial ground at Lg = 3.8mm.

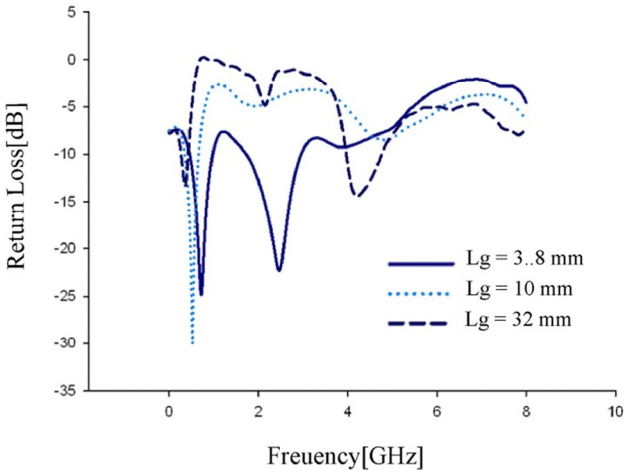


Fig.2: Return loss for different ground plane $L_g$values

2.2 *Effect of the thickness of the upper substrate.*

The return loss of the proposed UWB antenna for different values of H_2 is presented in Fig. 3. It can be shown that the thickness of the upper substrate has an important effect on the impedance bandwidth and the resonant frequencies are shifted toward the low frequencies. It's observed also when the thickness of the upper substrate value increases, the UWB band disappears. That's way the optimized dimension of the thickness takes H_2= 0.8mm value.

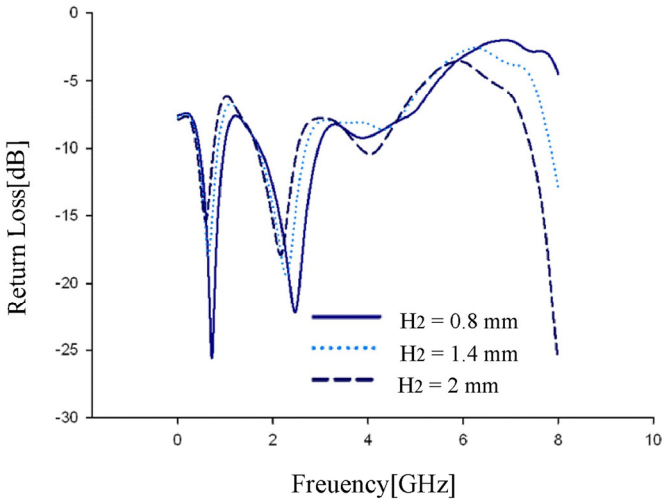


Fig.3 Return Loss for different thickness of the upper substrate.

Fig. 4 show the Return Loss characteristic for different dielectric permittivity values From the results, it is clearly shown that the frequency bands are shifted and a new ultra wide band of 5.6 GHz was appeared for ε_r = 1.05.

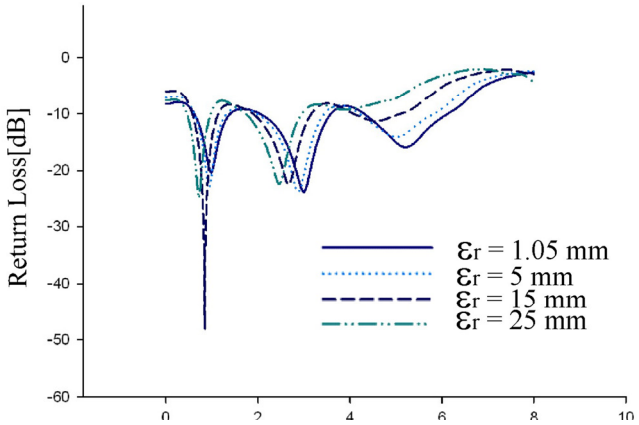


Fig.4 Return loss for different value of dielectric permittivity of the upper substrate

A different situation of the feed line position from the edge of the substrate is also investigated. As it can be seen from Fig. 5, the bandwidth is highly influenced by the position of the feed line from the ground plane edge. As we can see, the best result is obtained for M equal to 2.75 mm. Therefore the antenna can be used for several recent technologies as GSM, DCS1800, PCS1900, UMTS, ISM Band, WIFFI, Bluetooth, and GPS…

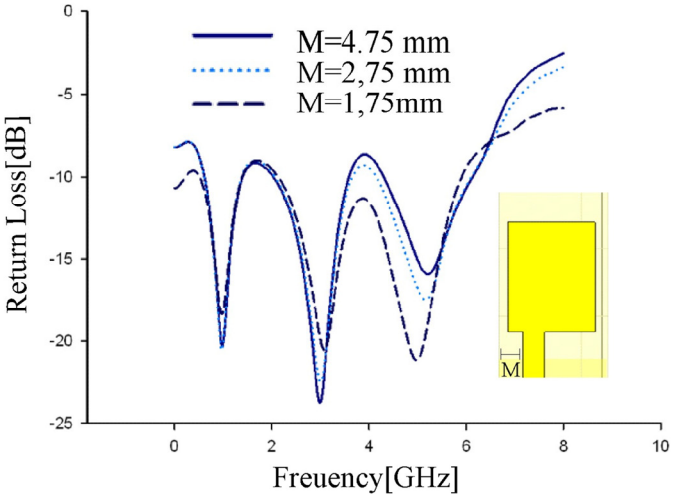


Fig.5 Return loss for different position of the feed line position from the ground plane edge.

3. Compact u-shaped antenna design.

In this section we maintain the same structure of the same antenna presented in Fig.5 and we implement apertures in the upper radiated element as seen in Fig. 6. The parameters of the new proposed U-shaped antenna are done by W_p= 10 mm, L_p= 15.7 mm, H_1 = 3.5 mm, H_2= 0.1mm, W_s= 25 mm, L_s= 13 mm, W_f=2.5 mm, L_f =7.8 mm, L_g = 6.5mm. The dielectric permittivity of the upper substrate and M parameter are 25 and 3.55 respectively. The size of the rectangular slot is 13.7mm×8mm.

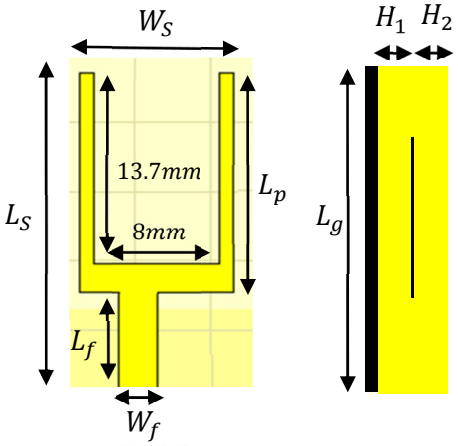


Fig. 6 Geometry of the optimal design of the compact proposed U-shaped antenna.

Fig. 7 shows the simulated return loss of the proposed U-shaped antenna of Fig. 6. It is found that the proposed antenna gives a multi-bandwidth for S11<-10dB, of 2 to 2.9 GHz, 4.6 to 8.9 GHz, and 4.4 to 8.9 GHz respectively. In this way the novel wideband rectangular patch antenna design can surely operate for all these bandwidth technologies: GSM, Wi-Fi, Bluetooth, wireless local area network (WLANs) applications operating for 5-6 GHz ISM band, WiMax, GPs and wideband applications.

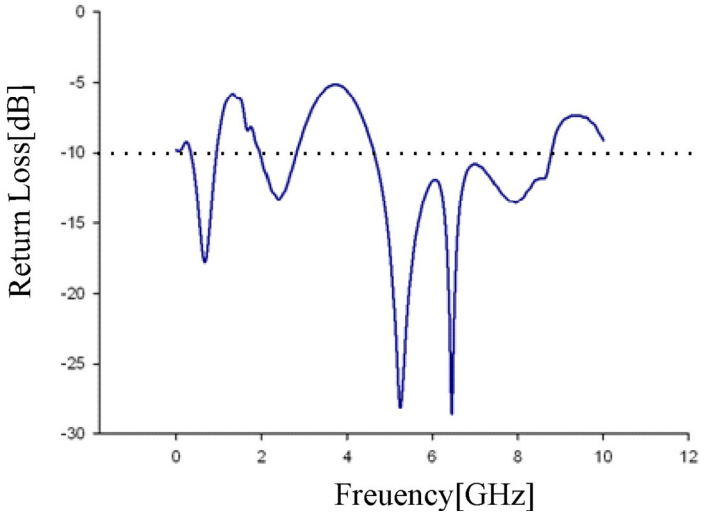


Fig.7 Return loss for different value of dielectric permittivity of the upper substrate

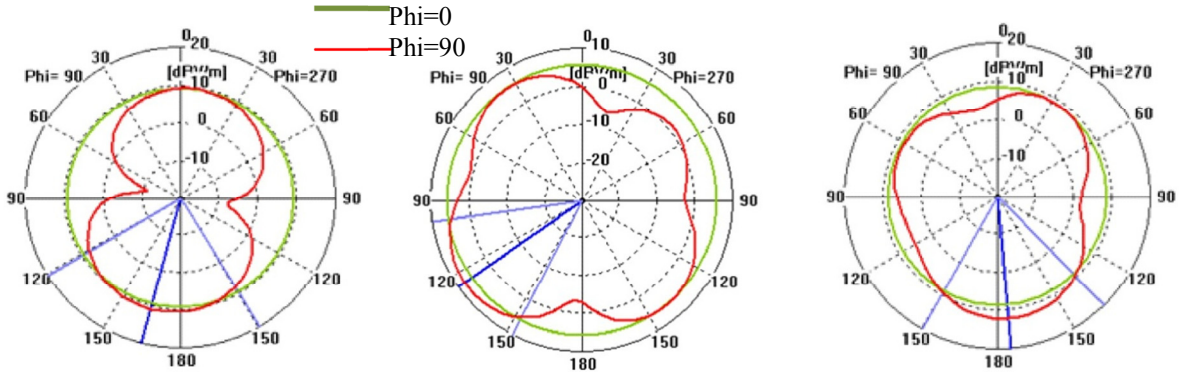


Fig.8 Radiation patterns of proposed antenna at 2.4, 5.6 and 6.5 GHz for the proposed compact U-shaped antenna.

3 Conclusion.

The design of a new compact multilayer high permittivity antenna has been presented and discussed. Several geometry parameters have been proposed and investigated in details with the objective to shift the bandwidth and adapt the antenna to operate for various technologies as GSM, Wi-Fi, Bluetooth, wireless local area network (WLANs) applications operating for 5-6 GHz ISM band, WiMax, GPs and wideband applications. The analysis results of the Return Loss simulations in CST-MS shows that the proposed U-shaped planar antenna can be widely used in recent of telecommunication systems.

Acknowledgment

This work was supported by EuroMediterranean Scientific Congress on Engineering, Algeciras 2011

References

[1] Gullu Kiziltas, Dimitris Psychoudakis, John L. Volakis, and Noboru Kikuchi. ‘‘Topology Design Optimization of Dielectric Substrates for Bandwidth Improvement of a Patch Antenna’’, IEEE Transactions on Antenna and Propagation Vol 51,No 10, October 2003.

[2] Aditya, S. Sim, C.K. Duolong Wu Chua, W.T. Shen, Z.X. Law, C.L. ‘‘High-gain 24-GHz CPW-fed microstrip patch antennas on high-permittivity substrates’’, Antennas and Wireless Propagation Letters, IEEE pages 30 – 33, Vol 3, 2004.

[3] K. Jagadeesh Babu et. al. ‘‘(IJCSE) International Journal on Computer Science and Engineering’’, Vol. 02, No. 07, 2010, 2427-2430.

[4] Olli Luukkonen, Pekka Ikonen and Sergei Tretyakov. ‘‘Microstrip antenna miniaturization using partial dielectric material filling’’, Microwave and Optical Technology Letters Volume 49, Issue 1, pages 155–159, January 2007

[5] Ahmad A. Sulaiman, Ahmad S. Nasaruddin, Mohd H. Jusoh and Nor H. Baba. ‘‘Bandwidth Enhancement in Patch Antenna by Metamaterial Substrate’’, European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.44 No.3 (2010), pp.493-501

[6] Kueathaweekun, W., C. Benjangkaprasert, N. Anantrasirichai, and T.Wakabayashi, \Compact ultra-wideband antenna with dual band-notch design using several parasitic elements," *Progress In Electromagnetics Research B*, Vol. 19, 1{20, 2010.

[7] M. A. Jensen, J. W. Wallace, “A review of antennas and propagation for MIMO wireless communications”, IEEE Trans. Antennas Propagation., vol. 52, pp. 2810-2824, Nov. 2004.

Aplicación de la tecnología WiMAX a entornos marinos

José Carlos Reyes Guerrero[1], Miguel Bruno Mejías[2], Abdellatif Medouri[3], Rida El Messari[3] and Luis Antonio Mariscal Rico[1]

[1] Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias Náuticas, Puerto Real (Cádiz), España, {josecarlos.reyes, luis.mariscal}@uca.es

[2] Departamento de Física Aplicada, Universidad de Cádiz, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Puerto Real (Cádiz), España, miguel.bruno@uca.es

[3] Département de Statistique et Informatique, Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté Polydisciplinaire, Route de Martil, Tétouan, Maroc, {amedouri, rida__mes}@uae.ma

Abstract. Wireless communications above the sea surface are affected by phenomena like shadowing and multipath. The system of buoys used in some scientific marine researches has to send and receive information by means of wireless communications, e.g. for water monitoring purposes. They usually use mobile telecommunication networks, when the system is inside coverage, or satellite links, with low speed data transmission. The VHF (Very High Frequency) systems have appeared as an alternative to the previous ones, but they present some problems that limit its performance. A research project between the universities of Cadiz and Abdelmalek Essaâdi tries to advance in the development of new technological applications to improve the marine communications. Particularly, the 5.8 GHz band (WiMAX unlicensed band in Spain) is used and a propagation channel measurement campaign in maritime environments was carried out to study a link between a buoy and a ship. It applies to conditions not well-covered by similar studies. This work is helpful to deploy WiMAX systems offshore.

Keywords: propagation channel measurements, WiMAX, maritime environment, water monitoring.

1. Introducción.

Recientemente, múltiples estudios han identificado la existencia de una demanda creciente de servicios de telecomunicaciones en escenarios marítimos, en aplicaciones de muy diversa índole. Algunas de las aplicaciones que están adquiriendo un gran interés por parte de la comunidad científica son las relacionadas con la monitorización de múltiples parámetros físicos de las aguas marinas. Aunque la gama de parámetros de interés científico puede llegar a ser muy amplia, el sistema de monitorización de dichos parámetros suele ser bastante similar de unos casos a otros. Dichos sistemas están constituidos básicamente por un conjunto de boyas provistas de los sensores adecuados –para medir localmente los parámetros de interés– y por un subsistema de radiocomunicación que se encarga de transmitir los datos obtenidos a una estación central de control o centro de procesamiento de datos. Esta estación de control puede estar en tierra o a bordo de un buque. Este último caso está adquiriendo especial relevancia, por ejemplo en aplicaciones donde la monitorización de los valores medidos de contaminación de las aguas marinas debe realizarse en tiempo real y desde estaciones de control instaladas a bordo de buques hidrográficos.

Las tecnologías inalámbricas utilizadas actualmente en aplicaciones marinas conllevan una serie de dificultades e inconvenientes para la transmisión de datos. Este hecho está propiciando la búsqueda de nuevas soluciones tecnológicas que mejoren el rendimiento de los radioenlaces que discurren, total o parcialmente, sobre plataformas marinas o fluviales. Las tecnologías utilizadas hasta el momento son, por una parte, las propias de los sistemas de comunicaciones móviles terrestres y de los sistemas de comunicaciones por satélite –propiedad de compañías y consorcios de telecomunicaciones– y, por otra, las empleadas en los enlaces propietarios –propiedad de los usuarios– terrestres en VHF (Very High Frequency) [1]. Los inconvenientes más relevantes del uso de redes públicas gestionadas por operadoras de telecomunicaciones, además de la dependencia operativa de las mismas, son la reducida capacidad de transmisión de datos de que se dispone –como en el caso de sistemas GSM/GPRS y enlaces de satélite–, y el coste del servicio. En el caso del sistema móvil terrestre, además, existe una limitación de la cobertura de utilización del servicio a tan sólo unas pocas millas de la costa. Los sistemas propietarios basados en VHF no sólo presentan la limitación de un ancho de banda de transmisión muy reducido, sino que requieren sistemas radiantes con tamaños, pesos y perfiles excesivos; por consiguiente, pueden llegar a complicar la operación de los sistemas marinos dotados con esta tecnología.

La tecnología WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), basada en la familia de estándares IEEE 802.16 [2], [3], puede ser una buena opción debido –principalmente– a su alta tasa de transmisión de datos (hasta decenas de Mbps) y a su relativo largo alcance (hasta varias decenas de Km). Dentro de las bandas de frecuencias propuestas en el estándar IEEE 802.16, resulta de particular interés la banda de 5.8 GHz, por tratarse de frecuencias reservadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (uso común) en España.

Para diseñar y planificar nuevos sistemas de radiocomunicaciones es preciso investigar previamente el comportamiento de las ondas de radio cuando se propagan por el canal físico de transmisión. La obtención de un modelo de comportamiento para la propagación de señales radio permite posteriormente la predicción de los valores de los parámetros más relevantes de un enlace: cobertura, ancho de banda de transmisión, etc. La elección del esquema final del sistema de radiocomunicación se hace con la mirada puesta en la optimización de dichos parámetros. Hasta la fecha se han realizado numerosos estudios, tanto teóricos como experimentales, en áreas geográficas terrestres densamente pobladas y bajo diferentes condiciones de propagación. Algunos ejemplos son [4] y [5]. Sin embargo, hay muy pocos estudios realizados en escenarios marítimos cercanos a la costa o en alta mar, donde –en teoría– el entorno de propagación puede imponer severos condicionantes a la transmisión de señales radio. Dichos escenarios se caracterizan por un alto grado de variabilidad de sus condiciones de propagación, atendiendo a la dinámica de las aguas y de los objetos inmersos en ellas. Como consecuencia de ello, pueden esperarse elevadas atenuaciones medias del nivel de señal y profundos desvanecimientos de dicho nivel distribuidos a lo largo del canal radioeléctrico.

Se hacen necesarios, pues, estudios teóricos y ensayos experimentales de propagación que permitan determinar modelos fiables para el radiocanal marino, de modo que ayuden a predecir el alcance de cobertura de los sistemas y a identificar mejoras en el rendimiento de los radioenlaces, por ejemplo, mediante la aplicación de técnicas de diversidad y/o de sistemas de antenas inteligentes. En [6], [7] y [8] se han llevado a cabo estudios similares. Sin embargo, ninguno de ellos estudia el canal de propagación presente en un enlace entre una boya y una embarcación. En cambio todos ellos se centran en el enlace entre una estación base ubicada en costa y una embarcación.

Este artículo explica los resultados obtenidos tras una serie de ensayos preliminares de propagación realizados en la Bahía de Cádiz y compara los valores medidos de la pérdida básica de propagación con los esperados por el modelo teórico utilizado. Estas medidas son de especial interés para determinar el balance de potencias requerido para conseguir el alcance deseado entre una boya y su estación de control a bordo de un buque. Además, este estudio es útil para desplegar sistemas basados en la tecnología WiMAX en escenarios marítimos, así como para obtener especificaciones de diseño de subsistemas de comunicaciones en esta tecnología.

Las universidades de Cádiz (España) y Abdelmalek Essaâdi (Marruecos) participan en un proyecto financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en el área de tecnología electrónica y de las comunicaciones. El proyecto, cuyo plazo de ejecución concluye en el año 2012, pretende avanzar en el desarrollo de nuevos subsistemas de comunicaciones –basados en tecnologías inalámbricas– que mejoren las prestaciones ofrecidas por los existentes en la actualidad. El objetivo de dicho proyecto es realizar y validar experimentalmente un subsistema de comunicaciones inalámbricas prototipo, que permita la conexión en tiempo real y de modo fiable entre la estación de control y seguimiento (instalada en la costa o en un buque) de un sistema de boyas marinas y los sistemas de recogida de datos (posición, salinidad, corrientes, etc.) instalados en el interior de dichas boyas.

2. Descripción del entorno de propagación bajo estudio y del sistema de medida propuesto.

2.1. Entorno de propagación y ubicaciones de las medidas.

El escenario de propagación elegido es el entorno de la bahía de Cádiz. Dicho entorno se consideró idóneo para la realización de los ensayos por su variada topografía, característica que permite considerar una gran diversidad de situaciones en las que la propagación de una señal radio puede ser medida. A lo largo de la costa se ubican varios clubes náuticos deportivos y un gran puerto comercial de transporte de pasajeros y mercancías, que generan un continuo tráfico de embarcaciones –de diferentes tamaños y formas– siguiendo rutas aparentemente aleatorias. Eligiendo adecuadamente la ubicación del sistema de medida, es posible tener en cuenta, además, la influencia en la propagación de segmentos de tierra densamente poblados y con instalaciones y edificios de tamaño considerable.

Las medidas se realizaron en un día soleado. La temperatura se mantuvo entre 9 y 10ºC, la humedad relativa alcanzó el 95%, el estado de la mar fue de marejadilla (lo que causó un continuo balanceo de la boya), y la presión atmosférica se situó en los 759 mm. Además, se registraron rachas de viento de fuerza 5 y 6. Las condiciones meteorológicas descritas influyeron en la dinámica de la boya, haciendo que las medidas se llevasen a cabo en condiciones relativamente adversas, desde el punto de vista de las comunicaciones.

Para la realización de las medidas se contó con dos buques de investigación y con una boya marina. La transmisión se realizó desde la boya fondeada en una ubicación fija, y la recepción se llevó a cabo desde un buque hidrográfico que navegaba siguiendo una ruta previamente seleccionada. La ubicación de la boya y la ruta seguida por el buque durante los ensayos de propagación se muestran en la Figura 1. En dicha figura también se observa una vista aérea del entorno general en el que se desarrollaron los ensayos.



Fig. 1 Escenario de propagación bajo estudio: vista aérea de la ciudad de Cádiz y su entorno (izquierda), y posición fija de la boya y ruta llevada a cabo por el buque (en rojo) durante las medidas (derecha).

2.2. Sistema de medida.

El método de medida empleado consistió en la transmisión y recepción de una portadora continua (sin modular) de frecuencia 5.8 GHz y potencia radiada 1 W. El transmisor se ubicó en una de las embarcaciones disponibles, mientras que la antena transmisora fue instalada en la boya –que quedó fondeada a varios metros de distancia de dicha embarcación– y alimentada a través de un cable coaxial desde el transmisor. La posición de la boya se estableció mediante GPS (*Global Positioning System*). Las alturas de las antenas, sobre el nivel medio del mar, de la boya y del buque fueron de 2 y 13 metros, respectivamente.

El transmisor se basó en un generador de señal de microondas a cuya salida se conectó un amplificador de ganancia 30 dB, también de microondas. La señal de salida de dicho amplificador –una onda sinusoidal de 5.8 GHz con un nivel de 30 dBm– se acopló a la antena a través de 15 m de cable coaxial de bajas pérdidas protegido por una manguera convenientemente sellada para evitar mojaduras. La antena transmisora utilizada fue de tipo lineal, con polarización vertical, diagrama de radiación omnidireccional en el plano horizontal y ancho de haz de 7º en el plano vertical. La ganancia de dicha antena fue de 9 dBi.

El receptor, basado en un analizador vectorial de señal de microondas, se ubicó en la segunda embarcación. La antena receptora –idéntica a la transmisora– se instaló próxima al receptor y se conectó con éste a través de 20 m de cable coaxial de bajas pérdidas. Se utilizó un ordenador para controlar el proceso y registrar los datos obtenidos de las medidas realizadas. Dicho ordenador se conectó al analizador vectorial de señal y al GPS de la embarcación, que suministra información de posición y tiempo cada segundo. De este modo, los datos relativos a los niveles de señal recibidos se sincronizaron cada segundo con las posiciones GPS, permitiendo con ello el cálculo de distancia y potencia media de señal (promediada a intervalos de un segundo) para cada posición relativa entre transmisor y receptor.

3. Resultados.

El modelo básico propuesto para simular la propagación en entornos marítimos es el denominado de "dos rayos" [9], [10]. Este modelo supone que la propagación de la señal radio se produce siguiendo dos trayectorias o rayos: uno directo, siguiendo el eje imaginario que une los centros de radiación de las antenas transmisora y receptora, y otro reflejado en la superficie del mar. La pérdida básica de

propagación que predice este modelo se describe en la ecuación (1). Según este modelo, es posible calcular el nivel de atenuación de la señal transmitida en una ubicación determinada conociendo los siguientes datos: distancia entre el transmisor y receptor (d), longitud de onda de transmisión (λ), diferencia de fase debida a la diferencia de los recorridos de los rayos directo y reflejado (Δ) –que a su vez depende de las alturas de las antenas transmisora y receptora respecto del nivel del mar– y módulo y fase del coeficiente de reflexión en el mar, $|R|$ y β respectivamente. El coeficiente de reflexión depende asimismo de la polarización de onda, del ángulo de incidencia del rayo reflejado en la superficie del mar y de las características eléctricas del agua (conductividad y permitividad relativa).

$$l = \frac{\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2}{1 + |R|^2 + 2|R|\cos(\Delta + \beta)} \tag{1}$$

Para validar el modelo teórico propuesto se han realizado las medidas de propagación descritas en el Apartado 2. En la Figura 2 se muestran los resultados obtenidos, tanto de las simulaciones (en las que se han particularizado los datos según la configuración del sistema experimental), como de las medidas realizadas. En dicha figura se representa la pérdida básica de propagación, l, en decibelios (dB) en función del logaritmo de la distancia entre transmisor y receptor. En cuanto a las simulaciones teóricas, se han representado la ecuación (1) –para el caso de polarización vertical y horizontal– y el modelo de propagación en espacio libre.

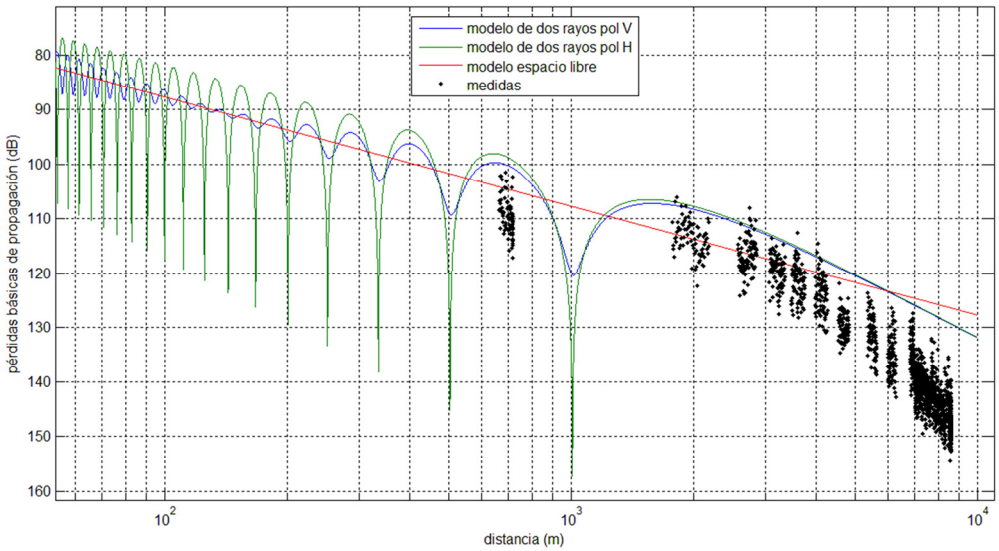


Fig. 4 Medidas experimentales junto con las simulaciones teóricas: pérdida básica de propagación en función de la distancia TX-RX. f=5.8 GHz, h_{tx}=2 m, h_{rx}=13 m (rango: 50-10000 m)

En el caso de las medidas experimentales, se calcula la pérdida básica de propagación a partir de las medidas de potencia de la señal recibida. Se ha utilizado la expresión dada por la ecuación (2), donde p_t representa la potencia de la señal transmitida, g_t y g_r las ganancias de la antena transmisora y receptora, respectivamente, l_c las pérdidas adicionales en cables y conectores, tanto del sistema transmisor como del receptor, p_r la potencia media local medida, y l la pérdida básica de propagación propiamente dicha. Esta pérdida viene afectada por la variabilidad de la posición de los centros de radiación de ambas antenas debido al movimiento aleatorio de las plataformas que las sustentan.

$$l = \frac{p_t g_t g_r}{l_c p_r} \tag{2}$$

A la luz de los resultados experimentales, podemos concluir que las medidas realizadas se adaptan bastante bien al modelo teórico simulado. No obstante, se debe considerar que el modelo teórico no tiene en cuenta la diversidad de condicionantes que impone un escenario real de propagación, y que, por lo tanto, dicho modelo tendrá ciertas limitaciones. El modelo teórico no contempla la presencia de obstáculos, salvo el que representa la propia superficie marina. Así, la presencia de olas, buques, boyas, línea costera, etc., provoca, en general, un entorno multitrayecto –con más de dos trayectos– para la señal transmitida que puede llegar a originar desvanecimientos severos. Asimismo, estos obstáculos pueden causar obstrucciones totales o parciales de la línea de visión directa. La propia dinámica natural del oleaje hace que las alturas relativas de las antenas no sean constantes y la reflexión no se produzca sobre una superficie lisa, dando lugar a una dispersión aleatoria de la señal incidente en puntos de la superficie del mar. Además, debido a la misma causa, el apuntamiento de las antenas no será el óptimo en todo momento. Algunos aspectos destacables de la comparación entre los resultados teóricos y los experimentales son:

- En el modelo teórico, la recta de regresión de la pérdida básica de propagación tiene una pendiente de 20 dB por década para ambas polarizaciones –al igual que predice el modelo de espacio libre– hasta una distancia que viene dada aproximadamente por la ecuación (2) [10]. Donde λ es la longitud de onda de transmisión, y h_t y h_r son las alturas de las antenas transmisora y receptora, respectivamente. Para las condiciones de la medida, esta distancia es aproximadamente de 6 Km. Los resultados de las medidas realizadas verifican este comportamiento, obteniéndose una pendiente de 24 dB por década.

$$d = 12\frac{h_t h_r}{\lambda} \tag{2}$$

- A partir de esta distancia, el modelo teórico indica que la pendiente de la recta de regresión de la pérdida básica de propagación toma el valor de 40 dB por década para ambas polarizaciones, y las pérdidas introducidas por el canal son superiores a las existentes en espacio libre. Las medidas realizadas a partir de 6 Km de distancia entre transmisor y receptor confirman los resultados teóricos. En este tramo de medidas, el trayecto recorrido por la onda se vio bloqueado en su mayor parte por los objetos que aparecieron a medida que la costa fue interponiéndose entre transmisor y receptor: edificios, línea de costa, grandes estructuras de conducción de electricidad, viables, etc. Esta fuerte atenuación por obstrucción explica la divergencia observada entre la tendencia esperada para la pérdida básica de propagación teórica (40 dB) y la calculada a partir de los datos obtenidos (87 dB).
- A distancias cortas el efecto del mal apuntamiento entre antenas es apreciable. Este hecho se observa al comparar los resultados de la simulación y los datos obtenidos en las medidas en el rango de distancias en torno a 700 metros.
- A 4700 metros, aproximadamente, se aprecia una atenuación adicional, presumiblemente debida a la obstrucción parcial de la línea de visión directa por parte de una embarcación en movimiento o de un obstáculo de gran tamaño.
- Dado que las medidas han sido promediadas en intervalos temporales de un segundo, el desvanecimiento temporal rápido ha sido parcialmente eliminado. Por lo tanto la variabilidad de las potencias medias locales calculadas y representadas son debidas a lo que en la literatura específica en este campo se conoce como *shadowing*. Este fenómeno describe el efecto que tiene sobre la propagación la presencia de obstáculos cuyo tamaño es grande respecto a la longitud de onda.

4. Conclusiones.

En este trabajo se presenta un estudio experimental llevado a cabo por investigadores del Área de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad de Cádiz con el objeto de investigar nuevas

aplicaciones de las tecnologías de radio en entornos marítimos. La caracterización del canal de propagación es necesaria para entender el comportamiento de las ondas de radio en estos entornos tan particulares. Dicha caracterización del radiocanal permitirá evaluar el rendimiento de sistemas WiMAX en comunicaciones marinas. Por lo tanto, a partir de los resultados de dicha evaluación será posible proponer aquellas técnicas de transmisión y recepción que mejoren el rendimiento de estos sistemas operando en escenarios marítimos. Podemos destacar que debido a la existencia de picos de atenuación en determinadas ubicaciones, se requiere especial cuidado en la fase de despliegue de los nodos de red (boyas) y de las estaciones de base (en el caso de ser instaladas en tierra) para asegurar la conexión entre los terminales de dicha red. En el caso de estaciones base a bordo de buques, hay que tener en cuenta las posibles pérdidas temporales de conexión con boyas ubicadas a determinadas distancias desde el buque. Adicionalmente, hay que tener presente que a partir de una determinada distancia la tasa de atenuación crece bruscamente, lo que limita enormemente la cobertura de estos sistemas. No obstante se requieren estudios y ensayos experimentales complementarios para precisar el comportamiento del canal de propagación, en concreto, aquellos que provocan entornos multitrayecto severos.

Agradecimientos.

Este trabajo de investigación ha sido financiado por la AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo). Los autores quieren agradecer al IHM (Instituto Hidrográfico de la Marina) y a la empresa Agilent Technologies y todo el personal involucrado, la ayuda prestada en la realización de las pruebas de campo.

Referencias.

[1] F. Bekkadal, Kun Yang. “Novel Maritime Communications Technologies”, Microwave Symposium, MMS 2010, 25-27 Aug. 2010, (pp. 338-341).
[2] IEEE standard 802.16d-2004.
[3] IEEE standard 802.16e-2005.
[4] V. Ercerg, et al., “Channel Models for Fixed Wireless Applicatios”, IEEE 802.16a-03/01.
[5] V. Erceg, et al., “An Empirically Based Path Loss Model for Wireless Channels in Suburban Environments”. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol 17, No 7, July 1999, (pp. 1205-1211).
[6] J. Joe, S.K. Harza, S.H. Toh, M.W. Tan, J. Shankar, V.D. Hoang, M. Fujise. “Path Loss Measurements in Sea port for WiMAX”, Wireless Communications and Networking Conference, IEEE WCNC, 11-15 March 2007, (pp. 1871-1876).
[7] Rosario G. Garroppo, Stefano Giordano, Davide lacono, Alessandro Cignoni, Matteo Falzarano. “WiMAX Testbed For Intenrconnection Of Mobile Navy Units In Operational Scenarios”, Military Communications Conference, IEEE MILCOM, 16-19 Nov. 2008, (pp. 1-7).
[8] Le Roux Y.M., Menard J., Toquin C., Jolivet J.P., Nicolas F., “Experimental measurements of propagation characteristics for maritime radio links”, 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications (ITST), 20-22 Oct. 2009, (pp. 364-369).
[9] T.S. Rappaport, Wireless Communications Principles and Practice, Second Edition. Pretince Hall PTR, Upper Saddle River (2002).
[10] J.M. Hernando Rábanos, Transmisión por radio, Sexta edición. Editorial Universitaria Ramón Areces, Madrid (2008).

Design of an omnidirectional microstrip patch antenna for WiMAX marine communications

Rida El Messari[1], José Carlos Reyes Guerrero[2], Otman El Mrabet[3], Luis Antonio Mariscal Rico[2] and Abdellatif Medouri[1]

[1]Department of Statistics and Informatics, Abdelmalek Essaâdi University, Polydisciplinary Faculty, Martil Road, Tetuan, Morocco, {amedouri, rida__mes}@uae.ma
[2]Department of Computer Languages and Systems, University of Cadiz, Faculty of Nautical Science, Puerto Real (Cádiz), Spain, {josecarlos.reyes, luis.mariscal}@uca.es
[3]Department of Physics, Abdelmalek Essaâdi University, Faculty of Science, Tetuan, Morocco, otman.elmrabet@uae.ma

Abstract. Under a project that relies the universities of Cadiz and Abdelmalek Essaâdi, we are trying to develop one of the critical parts of a wireless communication system in maritime environments. In this sense, a microstrip patch antenna is proposed to accomplish the buoy radio services due to its suitable advantages compared to conventional microwave antennas. In this study, we present a design of a circular microstrip patch antenna element that radiate at the unlicensed WiMAX band 5.8 GHz. Besides, we present a design of an antenna that combines two elements of the antenna previously designed using the feed structure of coaxial transmission line in order to reach a quasi-omnidirectional radiation pattern. Both structures are designed on FR4 substrate by applying CST Microstrip Studio simulation software. The simulation results and conclusions are presented.

Keywords: wireless marine communication, microstrip patch antenna, WiMAX, coaxial transmission line.

1. Introducción.

La tecnología "microstrip" aplicada al diseño de antenas para comunicaciones inalámbricas está siendo cada vez más utilizada [1], [2]. Las ventajas más relevantes de estas antenas frente a otras de microondas son su reducido peso, pequeño volumen, bajo perfil, bajo coste de fabricación y fácil integración con circuitos de RF (Radio Frequency) y microondas. Estas características las hacen idóneas en aplicaciones donde el sistema radiante debe ofrecer un mínimo impacto sobre la dinámica de la plataforma que sustenta el sistema de comunicaciones, por ejemplo en una boya marina dotada de un sistema de radiocomunicación.

La propagación radioeléctrica sobre el mar presenta una serie de particularidades que se deben tener en cuenta a la hora de planificar los enlaces marinos. Entre otros motivos se encuentran el movimiento de los terminales de los radioenlaces, el multitrayecto severo generado por la superficie conductora del mar o a la obstrucción del frente de onda por objetos (buques, boyas, costa, etc…) ubicados aleatoriamente a lo largo del escenario de propagación. El interés por

minimizar los efectos negativos del entorno marino sobre la transmisión radioeléctrica de datos viene justificado, entre otros motivos, por la necesidad de diseñar redes de sensores para investigaciones marinas basadas en la utilización de boyas. Los datos obtenidos por los sensores instalados en dichas boyas deben ser transmitidos hacia las estaciones de control y seguimiento del sistema vía radio. En el diseño de sistemas de radiocomunicaciones marinas, uno de los elementos más críticos es el sistema radiante. La dinámica de las boyas hace necesaria la realización de antenas de pequeño tamaño y reducido perfil aerodinámico. Además, el diagrama de radiación de la antena debe ser omnidireccional para asegurar las mejores condiciones del radioenlace.

En este artículo se propone el diseño de una antena cuasi–omnidireccional para la banda WIMAX de 5.8 GHz, realizada con tecnología "microstrip", como elemento radiante del sistema de comunicaciones de una boya de investigación marina. El diseño se basa en la combinación de dos antenas circulares "microstrip" elementales, a las que se ha aplicado la técnica de alimentación por inserción [3]-[5] para mejorar la adaptación de impedancia. El diseño y la simulación del sistema radiante se han realizado mediante el programa de simulación "CST Microwave Studio". Se presentan los resultados de la simulación tanto de la antena elemental como de la antena finalmente diseñada, comprando ambos diseños. Además, se exponen los detalles de diseño de las dos antenas.

2. Antenas microstrip.

Una antena microstrip está compuesta por tres elementos fundamentales: una cinta metálica o parche de espesor muy reducido (muy inferior a la longitud de onda de trabajo), un sustrato dieléctrico (con permitividad relativa ε_r y de un espesor determinado, h –normalmente $0.003\lambda_o \leq h \leq 0.05\lambda_o$–) y un plano metálico de tierra. En la Figura 1 se ilustra la disposición de estos elementos para el caso de un parche circular.

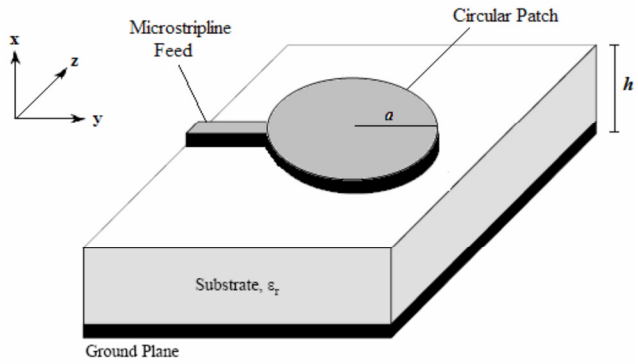


Fig. 1 Configuración básica de una antena microstrip circular [6]

En teoría, el parche excitado en su modo fundamental presenta la máxima directividad en la dirección perpendicular a la antena –eje x en la Figura 1– y la ganancia directiva decrece para elevaciones menores –hasta ser nula en la dirección del eje y representado en la misma figura–.

El parche de la antena puede presentar varias formas geométricas, las más comunes son rectangulares, circulares, cuadradas, dipolos y elípticas. La antena microstrip presenta numerosas ventajas con respecto a otras antenas microondas. Sin embargo, sufre varias limitaciones: ancho de banda estrecho, relativa baja ganancia y sensibilidad a errores de fabricación [7].

3. Diseño realizado.

3.1. Diseño de la antena microstrip elemental.

El diseño realizado se basa en la formulación del modelo de cavidad [8], [9]. Este modelo se puede lograr utilizando un conductor cilíndrico magnético perfecto alrededor de la periferia circular de la cavidad. El dieléctrico del sustrato se supone que se trunca más allá de la extensión del parche. El procedimiento de diseño se simplifica, y lleva al diseño práctico de una antena microstrip circular. Se han impuesto los valores de la constante dieléctrica ($\varepsilon_r = 4.4$) y del espesor $h = 1.5$ mm, del sustrato tipo FR4. La especificación de diseño de la frecuencia de transmisión es $f_r = 5.8$ GHz. A continuación se expone el procedimiento de diseño.

- **Determinación del radio del parche.**

La antena microstrip circular tiene sólo un grado de libertad que es el radio del parche: a. En la ecuación (1) se indica su expresión, donde h y ε_r son el espesor y la constante dieléctrica del sustrato, respectivamente, y F es un factor definido mediante la ecuación (2).

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi\varepsilon_r F}\left[\ln\left(\frac{\pi F}{2h}\right) + 1{,}7726\right]\right\}^{1/2}} \quad (1)$$

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (2)$$

En nuestro caso, resulta que: $a = 6.82$ mm.

- **Esquema del elemento unitario diseñado.**

En la Figura 2 se muestra el esquema final del elemento unitario de la antena microstrip diseñada. En esta figura se observa la implementación de la técnica de alimentación por inserción. Esta técnica se ha propuesto para mejorar la adaptación de impedancias. Hay que destacar que esta antena elemental se ha diseñado con el objetivo de construir otra antena compuesta por dos antenas similares tal y como se explica en el Apartado 3.2. Por lo que la única característica a destacar es su diagrama de radiación.

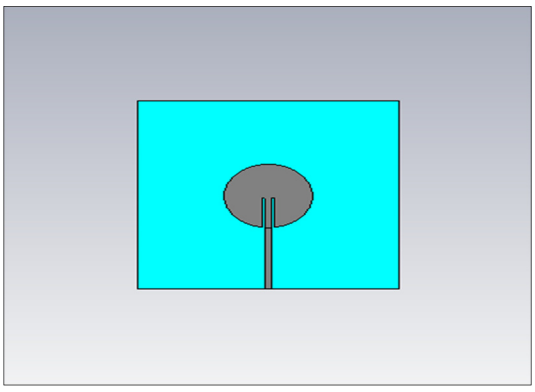


Fig. 2 Antena microstip circular alimentada mediante la técnica de inserción

3.2. Diseño de la antena basado en la combinación de dos elementos.

Para conseguir un diagrama de radiación cuasi-omnidireccional, se combinan dos antenas como las descritas en el Apartado 3.1, de tal manera que los planos de tierra de las dos antenas quedan

juntos, tal y como se muestra en la Figura 3, donde se aprecia la vista de perfil de la antena diseñada. Esta antena microstrip emplea la estructura de alimentación por la línea de trasmisión coaxial [10]. El conductor interior del cable coaxial se conecta al plano tierra común y el conductor exterior se conecta a los parches metálicos de ambos lados. En la Figura 4 se muestra la vista superior e inferior de la antena

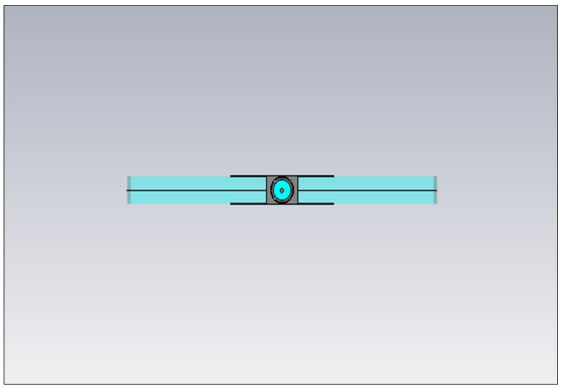


Fig. 3 Vista de perfil de la antena, por el lado del conector

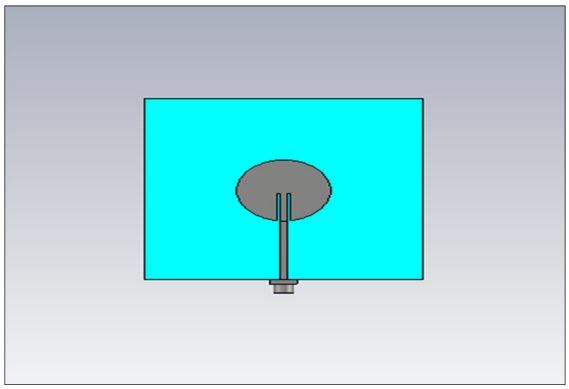


Fig. 4 Vista superior e inferior de la antena

4. Resultados.

Para verificar los resultados obtenidos en los estudios teóricos, se utiliza el software CST Microwave Studio para realizar las simulaciones.

4.1. Antena microstrip elemental.

En las figuras 5 y 6 se muestran los resultados de la simulación de una antena microstrip con un único parche (ver Apartado 3.1). En la Figura 5 se muestra plano vertical del diagrama de radiación de la antena, en el que apreciamos el ancho de haz y la directividad. En la Figura 6 se muestra el parámetro S_{11}, que proporciona información sobre adaptación y ancho de banda de trabajo. Como se ha expuesto en el Apartado 3.1 la única característica importante aquí es el diagrama de radiación ya que las restantes se han optimizado para la antena objetivo (compuesta por dos antenas elementales como las presentadas aquí). Aún así, se indican con fines comparativos.

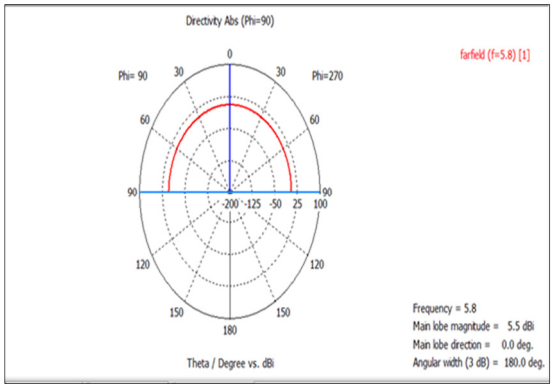


Fig. 5 Plano vertical del diagrama de radiación de la antena unitaria.

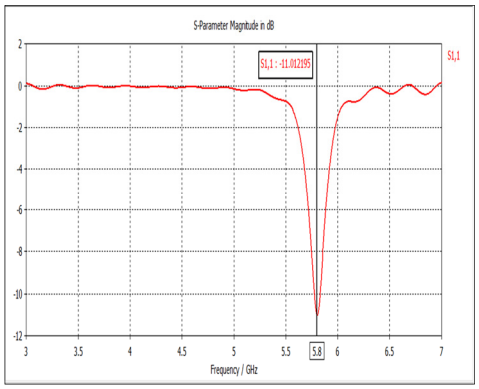


Fig. 6 Parámetro S_{11} en función de la frecuencia de la antena unitaria.

Los resultados obtenidos muestran que la antena está adaptada en la frecuencia 5.8 GHz y que tiene una banda de 109.5 MHz. Además, tiene un diagrama de radiación direccional con 180 grados de ancho de haz y ofrece una ganancia de 5.5 dB.

4.2. Antena formada por dos elementos unitarios.

En las figuras 7 y 8 se muestran los mismos resultados que en el Apartado 4.1 para la antena objetivo, que está formada, como se ha expuesto anteriormente, por la combinación de dos antenas elementales.

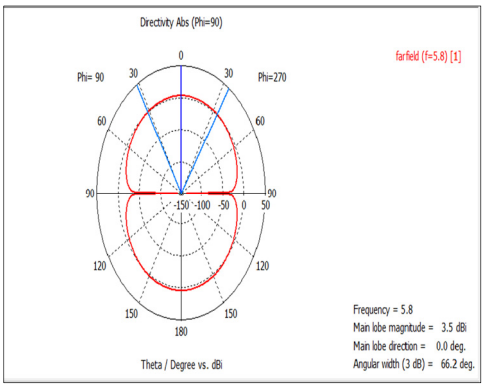


Fig. 7 Plano vertical del diagrama de radiación de la antena diseñada

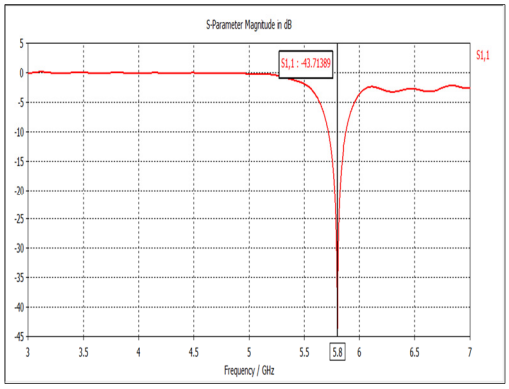


Fig. 8 Parámetro S_{11} en función de la frecuencia de la antena unitaria

A partir de los resultados de simulación, se muestra que la antena está bien adaptada a la frecuencia de trabajo y presenta un ancho de banda de 2.9 MHz. Además, el diagrama de radiación es cuasi-omnidireccional. Por ello, comprobamos que la utilización de una antena microstrip elemental que tiene un diagrama de radiación semiesférico (con ancho de haz de 180 grados) en combinación con otra idéntica dispuesta simétricamente nos lleva a conseguir un diagrama cuasi-omnidireccional. Los nulos que parecen en los ángulos +90º y -90º se producen debido al gran grosor del sustrato y de las reflexiones en el plano tierra.

5. Conclusiones.

- El objetivo principal de este estudio es diseñar una antena microstrip de tipo circular con diagrama de radiación cuasi-omnidireccional para la frecuencia WiMAX de 5.8 GHz.
- A pesar del diagrama semi-circular de la antena elemental, la combinación de dos antenas microstrip de este tipo nos lleva a conseguir un diagrama cuasi-omnidireccional, útil en aplicaciones marinas.
- La ganancia obtenida es suficiente para alcanzar largos rangos de cubertura.
- Se requieren mayores esfuerzos de investigación para conseguir antenas con diagramas completamente omnidireccionales y con anchos de banda mayores.

Referencias.

[1] M.M. Sharma, N. c. Bajia, Vinita Agarwal, Shilpi Kumawat, Swati Gupta y R.P. Yadav; "Compact Microstrip Circular Patch Antenna for Wi-MAX with Double-layered Substrate", International Conference on Microwave, 2008, pp. 236-238.

[2] Prasanna L. Zade, Sachin S.Khade, Dr. N. K. Choudhary, "Modeling and Designing of Circular Microstrip Antenna For wireless communication", Second International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET), 2009, pp. 1189-1194.

[3] Ying Hu, David R. Jackson, Jeffery T. Williams y Stuart A. Long, "A Design Approach for Inset-Fed Rectangular Microstrip Antennas", Antennas and Propagation Society International Symposium, 2006, pp. 1491-1494.

[4] Sanyog Rawat y Parul Pathak, "A Novel Inset Fed Patch Antenna Design for RFID at 2.4 GHz", International Conference on Microwave", 2008, pp. 748-749.

[5] Ying Hu, David R. Jackson, Jeffery T. Williams, Stuart A. Long y Varada Rajan Komanduri, "Characterization of the Input Impedance of the Inset-Fed Rectangular Microstrip Antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2008, pp. 3314 – 3318.

[6] N. A. Zacaria, A. A. Sulaiman y M. A. A. Latip, "Design of a circular microstrip antenna", International RF and Microwave Conference, 2008, pp. 289-292.

[7] Constantine A. Balanis, Antenna Theory: Analysis and Design. John Wiley & Sons, New Jersey (2005).

[8] M.S. Karoui, H. Ghariani, M. Samet, M. Ramdani y R. Perdriau, "Bandwidth Enhancement of the Square /Rectangular Patch Antenna for Biotelemetry Applications", International Journal of Information Systems and Telecommunication Engineering, 2010, pp. 12-18.

[9] D. G. Fang, Antenna Theory and Microstrip Antennas, Taylor & Francis Group, Boca Raton (2010).

[10] Jinghui Qiu, Bo Sun, Lingling Zhong y Weibo Deng, "A Novel Omnidirectional High-Gain Microstrip Antenna Array", Asia-Pacific Microwave Conference, 2008, pp. 1-4.

Tolerating Malicious Resources in Grid Computing Systems

A, Bendahmane, M, Essaaidi, A, El Moussaoui, and A, Younes

Information and Telecommunication Systems Laboratory, Faculty of Science, Tetuan, Morocco
{a.dahman , elmoussaoui, younes.ali@uae.ma} / essaaidi@ieee.org

Abstract. In recent years, Grid technologies have created an explosion of interest in both academic and commercial domains. Grid computing has emerged as an important research area to address the problem of efficiently using multi-organizations pools of resources. As Grid resources are used outside of organizational boundaries, it becomes increasingly difficult to guarantee that a resource being used is not malicious in some way. The access and sharing of resources and collaborative computing facilitated by Grids amplifies the concerns about attacks/intrusions and misbehaviors of grid resources. In many cases, an organization may send out jobs for remote execution on machines upon which trust cannot be placed. This creates the requirement that grid environments should detects and tolerates the grid resources attacked by an adversary, which tamper with the computation and return corrupted results, in order to guarantee reliable execution. In this paper, we propose a new approach for tolerating malicious grid resources by using reputation to improve the efficiency of majority voting mechanisms. The grid broker service investigates the trustworthy of the grid resources that are used in the voting procedure; this investigation is based on reputation management system which maintains a reputation value for each grid resource based on its past behavior. The validation of the result is then decided based on the reputation level of the grid resources.

Keywords: Grid Computing, Majority Voting, Reputation, Attacks Tolerance.

1. Introduction.

A grid system is a platform that provides access to various computing resources owned by different institutions through the creation of virtual organizations [1]. A grid virtual organization (VO) allows a seamless aggregation of computational resources in multiple administrative domains into a single pool. The users can lease for a certain time-frame bundles of software, CPU cycles, bandwidth and storage space in order to execute computationally intensive tasks, according to a service level agreement (SLA) between the user and the grid broker service. This broker is acting as a service intermediate between users and grid resources. This brokering role can either happened in strong structured grids, with long-lasting VOs inside the VO boundaries or in volatile grid environments, with very dynamic VOs, where the grid resources can dynamically join and leave in the middle of an execution without impediment. In the second scenario, which is very close to the grid design adopted by the XtreemOS project [2], the execution of a task may be halted arbitrarily. It is then mandatory for VO manager to tolerate these misbehaviors in order to assure the security of the user jobs execution.

Moreover, as the grid resources are connected through the Internet, and with the fusion of web services and grid technologies, and due to the inherently dynamic and complex nature of grid system,

a range of new security threats and vulnerabilities are coming to the fore with the broadening scope of grid computing [3], and especially the grid resources has become a subject of several unknown attacks. Introduction of grids in the commercial sector has open up new ventures in the business arena [4]. However, the contemporary grid application domains require many protections from malicious entities. These applications and their underlying infrastructure have to protect the critical information about their owners; provide safeguards to the economic interests of the enterprises using the grid system; and win the confidence of the society which is already doubtful of the digital data processing [5].

Conventional grid security mechanisms [6] can ensure several security services. Some of them guarantee communication confidentiality between grid nodes [7, 8] while others investigate resources access [9, 10]. As far as data integrity is concerned, most mechanisms that have been proposed to guarantee it will do it only during the transmission; employing authentication and encryption technologies (as in Globus system) [11, 12, 13]. However in order to really guarantee data integrity in a grid system, it is also needed to ensure the integrity of the job result processed by the grid resources. Hence, it is necessary to protect the applications in process in the grid against possible malicious behavior of attacked resources that can affect the efficiency of the grid system by returning erroneous jobs results.

In addition, the existing attacks/intrusions detection and prevention mechanisms are not efficient against unknown attacks. Therefore, another kind of defense mechanism is needed to implement the precaution against all possible attacks/intrusions. This creates the requirement that grid environments should detects and tolerates the grid resources attacked by an adversary, which tamper with the computation and return corrupted results, in order to guarantee reliable execution in such a suspicious environment.

In this paper, we propose a new approach for tolerating malicious grid resources by using majority voting mechanisms, and then investigate the trustworthy of the grid resources which are used in voting procedure. This investigation is based on reputation management system. And the validation of result is decided based on the reputation level of the grid resources.

The remainder of this paper is organized as follow. Section 2 presents our vision of basic components of grid system and the possibility of attacking these components. In section 3, we describe our approach of using majority voting with reputation. Section 4 presents how the grid broker service will build the reputation of grid resources. At last, section 5 concludes the paper.

2. Model and assumption

Fig. 1 shows the basic components of a grid system of interest, which consists of N Virtual Organizations (VOs), where each VO contain a set of resources, services and middleware, applications, and users, connected by a local network and the Internet (Fig. 2). From the service point of view, these components are considered as resources provider and services provider. The former owns computational nodes or other physical resources, and has root privilege. It decides whether and when resources should contribute and the quantity of available resources that are needed for job execution. The number of resources is dynamic and undetermined. Besides, each resource provider may require different authentication, authorization mechanisms and security policies. The second is the owner of the software solutions and the information databases that are deployed on a resource providers assets. The software solution is an individual service or a combination of services to solve

users' submitted jobs or requests. In combination situation, the service provider then comes to be a user that requests other services.

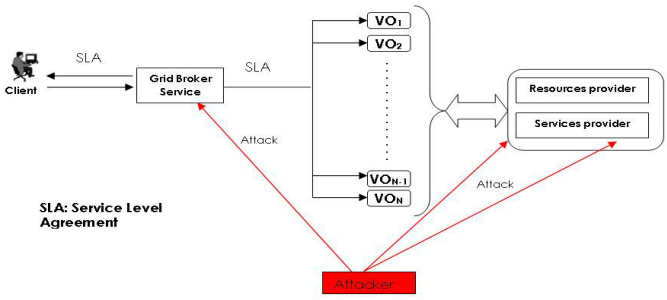


Fig. 1 Basic components of a grid system.

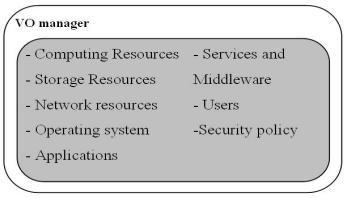


Fig. 2 Virtual Organization (VO) component

In grid computing environment, a client is a parallel job submitter who requests results, he/she can submit a job to grid broker service (after SLA establishment), which determines where and when to run the job. The broker primarily mediates user access to grid resources by discovering suitable services and resources provided by VOs and deploying and monitoring job execution. In the other hand, each VO in the grid has a single VO manager, which searches for available services. When it finds an interesting service, it negotiates with the service provider to allow access to the service from their VO. Once the service provider authorizes the use of the service, the service becomes available at this VO. The job is then divided into subjobs that have their own specific input data. The subjob is called a task. The broker distributes tasks to selected grid resources (computing resources) using scheduling mechanisms. When each grid resource subsequently finishes its task, it returns the result of the task to the broker. Finally, the broker returns the final result of the job back to the client.

In this execution scenario of jobs, there are several possible attacks to grid resources which might tamper with the computation and return corrupted results (grid resources takeover by an unauthorized user can result to malicious acts like corruption of job data, job termination etc.). Such attacks are usually related to security holes of the services and resources provider [14]. Denial of Service (DoS) attacks [15] may also disrupt job completion or temporarily prevent access to job output by cutting a site off the Resource Broker that has delegated the job and is waiting for the output.

3. Malicious grid resources tolerance using reputation

Attacks on grid computing, as on any other system, rely on a large number of different vulnerabilities in grid security. Therefore, these attacks become an increasingly prevalent form of security threats, and the problem appears to be quite difficult to solve, especially for attacks which can corrupt the grid resources and make them provide erroneous results of execution. Nevertheless, there exist several defense mechanisms that have been proposed to detect and prevent these attacks, these mechanisms can stop known attacks, but can not defend against new attacks which can happen in grid system. To

this end, tolerance mechanisms for malicious grid resources become necessary to provide a safe result of job execution. As a solution, we propose an approach of tolerating these types of attacks by using sabotage tolerance techniques.

The proposed method is based on reputation to improve the efficiency of majority voting mechanisms. With majority voting the grid broker service decide about the trustworthiness of a result immediately after having the result of all replicas of a task. This approach tolerates a certain number of incorrect results in a vote. However, it does not resist when, for example an adversary gets control through a virus over a large number of computing resources, and make them return the same result. In our approach, the broker will postpone the decision until the moment it gathers enough information to infer the trustworthiness of the result. To achieve this information, we will use existing reputation lists of different computing resources in VO.

Let us assume that each task is replicated n times and allocated to several computing resources C_i, so that a broker can collect m different results V_j, where i = 1, 2, . . ., n and j = 1, 2, . . ., m. Each computing resource has its reputation value R_i, this reputation is collected by a grid broker service, which contains the reputation lists for all computing resources C_i. The reputation is a value in the range between 0 and 1. In Sect. 4 we will show how the grid broker service will compute the reputation value.

To make a decision about which result V_j is trustworthy (i.e. accepted result), the grid broker service utilizes a majority voting based on reputation decision criteria. Let the relativity vector $Re(V_j)$ represents The aggregated vote of all computing resources that return the same result.

$$R_e(V_j) = [T(V_j, C_1), T(V_j, C_2), \ldots, T(V_j, C_n)] \tag{1}$$

Where $T(V_j, C_i)$ is the relationship between the result V_j and the computing resource C_i. It is calculated as follow.

$$T(V_j, C_i) = \begin{cases} 1 & ,if\ C_i\ compute\ V_j \\ 0 & ,otherwise \end{cases} \tag{2}$$

We define the result reputation $RR(V_j)$, as seen in (3), of a given result V_j as the summation of reputations of the computing resources returning the result V_j.

For each result V_j:

$$RR(V_j) = \sum_{i=1}^{n} T(V_j, C_i) R_i \tag{3}$$

To make a decision we fix a positif threshold value $\lambda < 1$ and we pick the maximum of $RR(V_j)$; (j = 1, . . .,m).

$$\begin{cases} if\ \max_{j=1}^{m}(RR(V_j)) \rangle\ \lambda \sum_{i=1}^{n} R_i & ;\text{the result corresponding} \\ \text{to this maximum is accepted} & \\ Otherwise & ;\text{the grid broker service} \\ \text{should decide for further replication} & \end{cases} \tag{4}$$

To avoid the possibility that a set of computing resources with a low reputation could undermine the result, we impose the following condition.

$$R_i = 0 \quad ,if \ R_i \langle \Theta \tag{5}$$

Where Θ represents the minimum reputation value a computing resource should have for its results to be taken in consideration.

4. Computing reputation

In this section, we present how the grid broker service will build the reputation value of each computing resource (or grid resource).

The reputation of an entity is an expectation of its behavior based on other entities observations or information about the entities past behavior at a given time [16]. The reputation management services are responsible for evaluating the reputation of grid resources, services, and users inside a VO. In our vision, the grid broker service builds the reputation of each computing resource through its credibility.

The credibility represents the likelihood of a particular object of the system to be operating properly [17]. The broker computes the credibility of the computing resource C_i by passing spot checking. If f is the proportion of malicious computing resources, the credibility of a computer resource, which correctly computed K_i spotters (tasks), when blacklisting is not used, will be computed by (6) [18]:

$$CR(C_i, K_i) = \begin{cases} 1 - \dfrac{f}{K_i} & ,if \ K_i \neq 0 \\ 1 - f & ,otherwise \end{cases} \tag{6}$$

With blacklisting policy [19], the malicious resources which return an erroneous result for the spotter job are immediately blacklisted, i.e. the malicious resources are never allowed to return results or to get any more jobs. In our study, we prefer to compute credibility without the blacklisting policy, because in some way it is possible that a malicious resource may change its behavior with the time. For instance, resources may be infected by a virus and after being repaired it will become reliable again. Thus, these repaired resources can participate in a computation and return a correct result, and can then improve the performance of the grid system.

After the computing resources pass enough tasks K_{min}, they succeed to obtain enough credibility (minimum credibility) to guarantee that their results are correct given the error rate ε_{acc}.

First, we initialize the credibility value $CR_{init}(C_i)$ of all computing resources. The initial value is no more than the minimum credibility of the computing resource itself.

$$CR_{init}(C_i) = CR(C_i, K_{\min}) \tag{7}$$

The credibility value is incremented in such a way that if a computing resource returns a validated result by the reputation-based majority voting described above. We propose to consider as a passed spotter each task successfully validated by the broker, using the reputation-based majority voting. Then, we update the credibility value using this equation:

$$CR(C_i, K_i) = CR(C_i, K_i + 1) \tag{8}$$

In the same manner, we do decrease the credibility of those computing resources whose result was not validates by the reputation-based majority voting. To this end, we update the credibility value using this equation:

$$CR(C_i, K_i) = CR(C_i, K_i - 1) \tag{9}$$

When a new computing resource joins the computing environment, it gets as an initial reputation 0. Each result produced by the computing resource will enter the reputation-based majority voting competition. If the result is accepted, the reputation of the computing resource will be increased. If not, the spot-checking method is used to compute its reputation.

5. Conclusion

In this work, the proposed approach for tolerating attacks in grid resources is discussed. This approach is based on majority voting mechanisms and reputation management system. The voting result that is generated by the majority voting can be combined with the reputation of grid resources owned by VOs, and then it may be possible to decide on the authenticity of suspicious grid resources. Using reputation information with majority voting, our grid computing system can provide job results correctness. Thus, our tolerance scheme for detecting suspicious grid resources is more accurate and more reliable. And help to improve the security of grid computing system.

References

[1] F. Berman, G. C. Fox, A. J. G. Hey, Grid Computing: Making the Global Infrastructure a Reality. Wiley, Chichester, 2003.

[2] E. Y. Yang, B. Matthews, A. Lakhani, Y. Jégou, "Virtual organization management in XtreemOS: an overview," Towards Next Generation Grids, Proc. of the CoreGRID Symposium, Rennes, France, Springer, Heidelberg , 2007.

[3] Y. Demchenko, L. Gommans, C. Laat, B. Oudenaarde, "Web services and grid security vulnerabilities and threats analysis and model," In GRID2005. The 6th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing, IEEE Computer Society, Washington, 2005, pp. 262–267.

[4] Commercial grid solutions. (2006, December, 18). Grid Computing Planet. Available: http://www.gridcomputingplanet.com/resources/article.php/933781

[5] J. Ermisch, D. Gambetta, "People's trust: The design of a survey-based experiment," IZA Discussion Papers 2216, Institute for the Study of Labor, 2006.

[6] A. Bendahmane, M. Essaaidi, A. El Moussaoui, A. Younes, "Grid computing security mechanisms: State-of-the-art," International Conference on Multimedia Computing and Systems, Ouarzazate, 2009, pp. 535 – 540.

[7] A. Setiawan, D. Adiutama, J. Liman, A. Luther, and R. Buyya, "Gridcrypt: High performance symmetric key cryptography using enterprise grids," In PDCAT 2004. Parallel and Distributed Computing - Applications and Technologies, 2004, pp. 872–877.

[8] S. Song, K. Hwang, and J. Lv, "Grid security enforcement with trust integration over minimal vpn tunnels," Technical Report TR 2004-10, USC Internet and Grid Computing Lab, 2004.

[9] J. Silva and L. Gaspary, "Uma arquitetura de controle de acesso baseado em politicas para grades computacionais peer-to-peer," In Workshop of Peer-to-Peer in the 23rd Brazilian Symposium on Computer Networks, 2005, pp. 37–48

[10] A. Goldchleger et al, "Integrade object-oriented grid middleware leveraging idle computing power of desktop machines," In Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2004, pp. 449–454.

[11] S. Zhao, V. Lo, C. GauthierDickey, "Result verification and trust-based scheduling in peer-to-peer grids," In P2P2005. The 5th IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing, 2005, pp. 31–38.

[12] I. Foster, N.T. Karonis, C. Kesselman, G. Koenig, and S. Tuecke, "A Secure Communications Infrastructure for High-Performance Distributed Computing," In proceedings, 6th International Symposium on High Performance Distributed Computing (HPDC '97), Portland, Oregon, U.S.A., August 1997.

[13] I. Foster, C. Kesselman, G. Tsudik, and S. Tuecke, "A Security Architecture for Computational Grids," In the 5th ACM Conference on Computer and Communications Security Conference, 82-92, November 1998.

[14] N. Jiancheng, L. Zhishu, G. Zhonghe, S. Jirong, "Threat analysis and Prevention for grid and web security services," InProc. of Eighth ACIS. International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing, 2007, pp. 526–531.

[15] P. Galli. (2006, Mars). DoS attack brings down Sun Grid demo. Available: http://www.eweek.com/article2/0,1895,1941574,00.asp

[16] A. Farag, M. Muthucumaru, "Towards Trust-Aware Resource Management in Grid Computing Systems," In CCGRID2002. 2nd IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, IEEE Computer Society, Washington, 2002, p. 452.

[17] A. C. Oliveira, L. Sampaio, S. F. Fernandes, F. Brasileiro, "Adaptive Sabotage-Tolerant Scheduling for Peer-to-Peer Grids," In LADC2009. Fourth Latin-American Symposium on Dependable Computing, IEEE Computer Society, Joao Pessoa, 2009, pp. 25–32.

[18] L. F. G Sarmenta, "Sabotage-tolerance mechanisms for volunteer computing systems," Future Generation Computer Systems 18(4), 2002, pp. 561–572

[19] A. Bendahmane, M. Essaaidi, A. El Moussaoui, A. Younes, "Compromised Resources Tolerance in Grid Computing Systems" Studies in Computational Intelligence, 2010, Volume 315/2010, Intelligent Distributed Computing IV, pp. 145-154.

Defense Mechanisms against attacks in Grid Computing

A, Bendahmane, M, Essaaidi, A, El Moussaoui, and A, Younes

Information and Telecommunication Systems Laboratory, Faculty of Science, Tetuan, Morocco
{a.dahman , elmoussaoui, younes.ali@uae.ma} / essaaidi@ieee.org

Abstract. Grid computing has the potential to solve huge and extremely complex computational problems than ever before, while at the same time reducing the cost of computational resources through multi-organizational resource sharing, distributed services and applications. These resources might include a number of (parallel) computing systems and massive storage devices. They are connected by networks with reasonable bandwidths, and usually located in more than one site. As the grid sites are connected through the Internet, and with the fusion of web services and grid technologies, and due to the inherently dynamic and complex nature, the grid environments is becoming a target for attacks more than other environments. In this paper, we identify and describe a specific threats and vulnerabilities in grid security that can potentially be exploited by intruders. Additionally, we present an elucidated insight to the grid attack problem by developing a classification of grid attacks. The goal of this paper is to provide a brief and clear view of the existing defense mechanisms against attacks in grid computing, so that a better understanding of grid attacks and defense mechanisms can be achieved and then, robust defense solutions can be designed.

Keywords: Grid Computing, Attacks, Intrusion detection, Intrusion Tolerance.

1. Introduction.

In recent years, Grid technologies have created an explosion of interest in both academic and commercial domains. The development of the World Wide Web, which started as a technology for scientific collaboration but was later adopted for use by a multitude of industries and businesses, has illustrated the development path of Grid computing. Grid computing [1] has emerged as an important research area to address the problem of efficiently using multi-organizations pools of resources. Grid computing systems aim to allow coordinated and collaborative resource sharing and problem solving across several organizations to solve large scientific problems that could not be easily solved within the boundaries of a single institution. The emerging technology and methodology could transform heterogeneous platforms into omnipresent and all pervasive computing environments for commercial organizations. For organizations, Grid computing might have economic or profit reasons for them to share resources, but they would be unlikely to use it until they can rely on the confidentiality of communication, security and integrity of their data and, privacy of their sensitive information. In other

words, security in Grid computing is an essential element for its acceptance at a large-scale commercial level [2].

The Internet and networks are not security-oriented by design. Numerous hackers constantly explore security holes existing in hardware, software, processes, or systems to launch various attacks. The countermeasures against attacks utilize encryption and decryption for confidentiality, message authentication code for integrity, digital signature for authentication, undeniable digital signature for non-repudiation, access control for authorization, and intrusion detection/tolerance for availability [3]. The Internet-based Grid computing encounters the same attacks and involves all the security requirements discussed above. Furthermore, Grid computing systems are group-oriented, including a large number of users and shared resources. They are also complex, dynamic, distributed, and heterogeneous. As a result, the attacks to grid systems may become more serious and to defend them becomes more difficult. In this paper, we try to introduce some vulnerabilities and attacks in grid system by presenting the classification of security threats and grid attacks. Furthermore, several defense mechanisms that can be used to combat these attacks have been presented. We also classify published approaches of defense mechanisms and even though we point out vulnerabilities of certain defense systems, our purpose is not criticize the defense mechanisms but to describe the existing problems so that they might be solved.

The rest of this paper is organized as follow. Section 2 presents the threats of Grid security mechanisms and then proposes a classification of Grid attacks. In section 3, several defense mechanisms are presented, while Section 4 concludes the paper.

2. Vulnerabilities and Attacks in Grid computing

2.1. Threats and Vulnerabilities

Although Grid security system provides fundamental security mechanisms like authentication, authorization, confidentiality, still there are many other possible security threats a Grid computing environment has to face. Table 1 below provides security threats classification, and therefore various vulnerabilities are identified.

To availability	To authentication	To authorization	To confidentiality of data	To integrity of data	To isolation of data
• DoS and DDoS to: – Nodes – Services – VOs – File systems • Buffer overflows	• Theft of authentication credentials • Exploiting revocation policy • Brute-forcing user private key	• False injection of authorization credentials • Masquerading as authorization providing entity	• Eavesdropping and masquerading to reveal data • Confidentiality is required while passing job results; inter-VO communications and during authentication.	• Unauthorized modification of data in-transit and stored data • Active eavesdropping • Man-in-the-middle	• VO-session hijacks • Compromising node security • Worms • Trojans

Table 1. Threats classification in Grid.

2.2. Attacks in Grid computing

Having identified various threats in grid, we move on to focus on attacks on grid system. Below security attacks classification given in Table 2 are based on four types of actors associated with grid. Additionally, the enormous computing power of computational grids may be exploited to launch an attack on subsequent computer system.

User Attacks	Network Attacks	Resource Attacks	Service Attacks	Attacks from the Grid
1.User credential theft 2.User credential compromise 3.User impersonation	1.Network eavesdropping 2. Man in the middle attack 3. Replay/session hijack 4. Brute force attack 5. Denial of service attack 6. Sniffing/snooping 7. Mosque rending 8. Routing detours	1.Resource and data attack 2.Improper privilege management 3.configuration vulnerability	1.malicious code / malware 2.SQL injection 3.Access control attack 4.Defeating auditing and accounting service 5.object reuse 6.virus and worms 7.dynamic xml 8.Improper error Handling	1.simulations of a terrorist attack 2.using a brute-force approach to decrypt coded messages

Table 2. Attacks classification in Grid.

3. Defense Mechanisms

There exist several defense mechanisms that have been proposed. According to the activity deployed, we may classify defense mechanisms into four categorizes: intrusion prevention, intrusion detection, intrusion response, and intrusion tolerance.

3.1. Intrusion Prevention

There are many Grid defense mechanisms that try to prevent Grid system from attacks:

Authentication mechanisms: to prevent attacks, Grid security requirements should contain authentication mechanisms at the entry points. Authentication deals with verification of the identity of an entity with in a network. An entity may be a user, a resource or service. The most prevalent mechanisms of authentication in a GSI (Grid Security Infrastructure) [4] based Grid is Public Key Infrastructure (PKI), which defines message formats and protocols that allow entities to securely communicate claims and statements. The most widely used certificate format in PKI is X.509 [5]. In addition to certificate based mechanism, Kerberos and can either be a peer-to-peer relationship such as a password that only the client and the server know have also been implemented.

Authorization mechanisms: Once the identity of a user can be established, it is then necessary to determine the permission of that user to use a particular resource. There are several technologies used for handling authorization in Grid environment. One of the widely used technologies was in the form of Globus Toolkit Grid-Map file [4]; this is a text file that holds the list of the X.509 distinguished name of the Grid users and the equivalent local user account names that they are to be mapped into. This must be installed and maintained on each participating host. The Community Authorization Service (CAS) [6] was the next attempt by the Globus to improve the user authorization. CAS allows a resource owner to grant access to a portion of his/her resource to determine who can use this virtual organization (VO) and then let the community allocation.

Firewall: The most important reason why most companies have firewalls installed is to ensure security in the network. Many companies do port level or packet level filtering to prevent the network from security attacks. In the case of Grid computing environment, the Adaptive Firewall for the Grid (AGF) [7] is a project being undertaken at the Technical University of Denmark (DTU). The main motivation behind the work is the observation that to meet the Grid firewall requirements, administrators need to open everal well-known ports and a range of ephemeral ports for incoming connections. This can be dangerous as attackers may be able to sneak into the system through the open ports. The AGF system

develops a mechanism so that the firewall can adaptively open and close ports based on service requests.

Prevention of DDoS attacks: The aim of DDoS attack prevention mechanisms is to take preventive measures which can not provide 100% security, as this still a major research issue. However, there are many preventive mechanisms that can be used to reduce the effectiveness of the DDoS attacks, like filtering [8], location-hiding and other solutions.

3.2. Intrusion Detection

Intrusion detection techniques are an important addition to the existing security mechanisms to detect attacks that can not be prevented. Intrusion detection has been a very active research area. By performing an effective intrusion detection system (IDS) in Grid environment, attacks should be detected at an early stage and raise alarm warnings to prevent major damages. Typical Host based IDS's and Network based IDS's [9] can be deployed in Grid Environment to improve its security. However, they cannot properly detect the Grid intrusion. Intrusion detection systems are based on the assumption that normal use of the system is different from the malicious use.

Due to the special characteristics and requirement of computational Grids, detecting such difference in behavior imposed some new unique challenges that did not exist in traditional intrusion detection system. In this context, several different solutions to the problem of intrusion detection for Grid system have been developed. An efficient and scalable solution for storing and accessing audit data collected from Grid nodes was proposed by Kenny et al. [10], but there was no mention on how to use the data to identify intrusions. This approach describe a system that allows the querying of log files through the Relational Grid Monitoring Architecture (R-GMA), which can be used to build a Grid-wide intrusion detection system. Their implementation of this system, called SANTA-G (Grid enabled System Area Networks Trace Analysis), queries Snort log files by using SQL. SANTA-G is composed of three elements: A Sensor, a QueryEngine and a Viewer GUI. The log files are monitored by the sensor, which, in case of a change to the log files, inform the SANTAG QueryEngine.

Choon et al. [11] described a Grid-based IDS architecture that consists of agents located at Grid nodes responsible for collecting and sending host audit data to storage and analysis servers, but their centralized solution is not scalable. The Grid Intrusion Detection Architecture (GIDA) proposed by Tolba et al. [12] solves the scalability problem by distributing the intrusion detection problem among several analysis servers.

Both [11] and [12] concentrate on the detection of anomalies in the interaction of Grid users with resources, none of the two architectures provide protection against the host and network attacks. Schulter et al. [13] proposed a high-level Grid-based IDS that utilizes functionality of lower-level HIDS and NIDS. But both traditional HIDS and NIDS are not precisely suitable for Grid specific-attacks. For example, traditional HIDS identifies an intruder not with Grid user ID but with local user ID. So it can not identify Grid intruder precisely and the information without Grid user ID is less useful for Grid level user behavior analysis. Meanwhile Grid-specific attacks have some special characteristics different from traditional ones, using typical HIDS to detect them will have a high missing rate.

3.3. Intrusion Response

However, in order to meet the challenges of continuously available trustworthy services from today's Grid computing systems, intrusion detection needs to be followed by response actions. This has typically been considered the domain of system administrators who manually "patch" a system in

response to detected attacks. The traditional mode of performing response was that first, the system administrator would get an alert from the IDS. Then, he or she would consult logs and run various system commands on the different machines comprising the entire system in an effort to determine if the attack were currently active and what damage had been caused by it. Clearly, this process, still the dominant method today, is ad hoc and very human intensive. By the nature of the actions, this process cannot reasonably hope to respond in real time and is therefore considered offline. However, increased complexity and speed of the attack-spread during recent years, and by the complex nature of Grid system, automated tools for intrusion response become vitally important.

The autonomous intrusion response systems (IRSs) are designed to respond at runtime to an attack in progress. The goals of an IRS may be a combination of the following: to contain the effect of a current attack if the underlying model is that it is a multistage attack, to take (evasive and/or corrective) actions to thwart attacks and ensure safety of the computing environment. There are several challenges in the design of an IRS for Grid environment. First, attacks through automated scripts are fast moving through the different services in a Grid system. Second, the nature of the distributed applications enables the spread of an attack, since under normal behavior the Grid services have interactions among them and a compromised service can infect another. Third, the owner of a Grid system does not have knowledge of or access to the internals of the different resources or services. For example, the source code may not be available, or even if available, the expertise to understand the internals may not be available. Hence, an IRS should ideally work at the interfaces rather than in the internals. Fourth, it may not be possible to deploy detectors at each Grid entity for performance reasons (e.g., the performance overhead imposed by the packet matching at a network-based detector is excessive for a host) or deployment conditions (e.g., no host-based detector is available for the particular platform). Additionally, the detectors, if installed, may be faulty and produce false alarms or missed alarms. The IRS, therefore, has to suppress inaccurate detections and extrapolate from the available detectors to determine the appropriate services at which to take the response action. Finally, the Grid systems are often complex enough that the universe of attacks possible against such systems is not enumerable and, therefore, the IRS has to work with possibly unanticipated attacks.

3.4. Intrusion Tolerance

The research area of Intrusion Tolerant Systems (ITS) [14] aims to cope with the inevitable attacks and to create systems which, to a certain extent, could provide the service while in the situation of suffering a certain invasion. In the literature, several techniques of tolerating intrusion are proposed. Mainly, we subdivide these mechanisms into tow categories: intrusion tolerance mechanisms that require an IDS to raise an alarm, and intrusion tolerance mechanisms that does not require an IDS.

IDS-Based Intrusion Tolerance: This category works well for known or obvious attacks (like Distributed Denial-of-Service (DDoS) attacks) but fails to cope with unknown attacks. There are several approaches and architectures developed in this category. Wang [15] gave a system SITAR that requires an IDS to successfully detect an attack for the intrusion tolerance mechanisms to operate, thus making it difficult to defend against unknown attacks. SITAR relies on hardware redundancy for intrusion tolerance, but requires a shared memory environment for the redundant servers and creates a large overhead for the intrusion detection and tolerance infrastructure. Next to the functional hardware redundancy, SITAR requires a Proxy Server, a Ballot Monitor and an Acceptance Monitor.

Non IDS-Based Intrusion Tolerance: This category does not rely on detecting an intrusion and as such can deal with unknown attacks. There are several approaches and architectures proposed in this category. Reynolds [16] presents the general method of designing the intrusion tolerant system. The

purpose of his approach is the use of diverse process pairs, which provides partial solutions to detection and isolation problems. The architecture uses the comparison of outputs from diverse applications, and if they differ, one of them has been compromised. Determining which of the applications was compromised can be difficult, but according to the author most attacks lead to one application responding with 2xx or 3xx (success and redirect codes) and the other with 4xx or 5xx (error codes), thus clearly showing which application was compromised. The intrusion tolerant software system for high performance Grid computing proposed by Peng [17] provide a novel security concept for software architecture in Grid environment. In this work, an intrusion tolerance software technology is performed by detecting the return address or node of each module based on immune code method and, adding "HoneyCode" nonfunctional code that is similar to "Honeypot" to confuse attacker. These techniques provide only the capability for dealing with residual security vulnerability in software components in Grid computing. ITAAS [18] is another mechanism for tolerating intrusion in Grid system managed with the Globus Toolkit. This solution is based on the secure replication of the authentication and authorization service of Globus in a set of servers, and on the introduction of a new permission ticket. Matthew [19] proposed a new intrusion tolerance approach which improves the security of stateful WSRF Grid servers against stealth attacks. The proposal is based on a novel server rotation strategy utilizing paravirtualization to close attack windows for stateful service-oriented Grid headnode servers. A flexible plugin based rotation manager deals with the complex issue of stateful connections to the Grid server, and a database connector is utilized to detach service state from the rotating functional components of the Grid server. Moreover, this approach is successfully deals with unknown stealth attacks, but also preserves the state of the Grid servers and can cope with TCP/IP connections.

4. Conclusion

Undoubtedly, Grid attacks present a serious problem in the Grid security and challenge its rate of growth and wide acceptance of grid computing system. In this paper, we tried to achieve a clear view of the Grid attack problem and the numerous defense solutions that have been proposed. Having, this clear view of the problem, our thinking is clarified and this way we can find more effective solutions to the problem of Grid attacks. One great advantage of the development of Grid computing attack and defense classifications is to provide an input to further analysis of existing and to be discovered Grid vulnerabilities and attacks. These classifications need to be continuously updated and expanded as new threats and defense mechanisms are discovered. A next step in this path would be to create sets of data and an experimental testbed so that all these various mechanisms can be compared and evaluated.

References

[1] I. Foster and C. Kasselman, "The Grid 2: Blueprint for a new Computing Infrastructure," M.Kaufman, 2003.

[2] Power, D., Politou, E., Slaymaker, M. and Simpson, A. (2006). Securing web services for deployment in health Grids, Future Generation Computer Systems 22, 5, pp. 547–570.

[3] Pfleeger, C. and Pfleeger, S. L. (eds.) (2003). Security in Computing (Third Ed.Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ), ISBN 0-13-035548-8.

[4] www.globus.org.

[5] C. Adams and S. Farrell, "Internet X.509 Public Key Infrastructure," RFC 2510, Mar. 1999.

[6] Ian Foster, Carl Kesselman Laura Pearlman Steven Tuecke Von Welch, “Community Authorization Service: Status and Future,” in CHEP, Mar. 2003.

[7] T.D. Yao. Adaptive Firewalls for the Grid. Master’s Thesis, Technical University of Denmark, 2005.

[8] Global Incident analysis Center—Special Notice—Egress filtering, Available from <http://www.sans.org/y2k/egress.htm>.

[9] H. Debar, M. Dacier and A. Wespi, “Towards a Taxonomy of Intrusion detection Systems,” Int. J. Computer and Telecommunication Networking, Vol. 31, no. 9, pp. 805-822, 1999.

[10] S. Kenny and B. Coghlan, “Towards a grid-wide intrusion detection system,” in Proc. European Grid Conference (EGC2005), pp. 275-284, Amsterdam, The Netherlands, February 2005.

[11] O. Choon and A. Samsudin, “Grid-based intrusion detection system,” in Proc. 9th Asia-Pacific Conference on Communications, vol. 3, pp. 1028-1032, September 21-24, 2003.

[12] M. Tolba, M. Abdel-Wahab, I. Taha, and A. Al-Shishtawy, “GIDA: Toward enabling grid intrusion detection systems,” in Int. Symp. on Cluster Computing and the Grid, Cardiff, UK, May 9-12, 2005.

[13] A. Schulter, JA Reis, F. Koch, CB Westphall, "A Grid-Based Intrusion Detection System". International Conference on Systems (ICONS06). IEEE Press. Maurice Islands. April 2006.

[14] Y. Deswarte, L. Blain, and J.-C. Fabre, “Intrusion Tolerance in Distributed Computing Systems,” in Intl. Symposium on Security and Privacy. IEEE, 1991, pp. 110-121.

[15] F. Wang, F. Gong, C. Sargor, K. Goseva-Popstojanova, K. Trivedi, and F. Jou, “SITAR: A Scalable Intrusion Tolerance Architecture for Distributed Servers,” In Second IEEE SMC Information Assurance Workshop. IEEE, 2001, pp. 135-144.

[16] J. Reynolds, J. Just, E. Lawson, L. Clough, R. Maglich, and K. Levitt, “The Design and Implementation of an Intrusion Tolerant System,” in Foundations of Intrusion Tolerant Systems. IEEE, 2003, pp. 64-65.

[17] W. Peng, H. Zhang, L. Wang, and W. Chen, “Building Intrusion Tolerant Software System for High Performance Grid Computing,” Proceedings of the International Conference on High Performance Computing and Applications, August 8-10, 2004, Shanghai, P.R. China. Springer. pp: 409-413.

[18] L. Sardinha, N. Neves, P. Veríssimo, “Tolerating intrusions in grid systems,” in Proc. of the 2004 Int. Conference on Security and Management, Las Vegas, USA, June 2004.

[19] M. Smith, M. Engel, T. Friese, B. Freisleben, G. A. Koenig, and W. Yurcik, “Securing Stateful Grid Servers through Virtual Server Rotation,” HPDC’08, June 23–27, 2008, Boston, Massachusetts, USA.11-22

Teleradiología: Situación actual y perspectivas futuras

Fernández Abásolo, Antonio[1]

[1] Departamento Maquinas y Motores Térmicos, Universidad Cádiz, Avda Ramón Pujol s/n, Algeciras, España, antonio.abasolo@uca.es

Abstract. Teleradiology is a very important part in new trends in e-medicine. Along the evolution from the earlier times of x-rays, it is considered as a diagnostic method. Non-invasive ways of detecting injuries in human body and the increasing transfer speed allowed, thanks to new data technologies, are transforming all classical concepts.

Keywords: Teleradiología, TIC´s, Eficiencia

1. Introducción.

Los avances en la ciencia médica y la disponibilidad de nuevos tratamientos obligan a la movilización de los recursos sanitarios, lo que junto con las mejoras en la esperanza de vida, derivan en un aumento de la demanda, excediendo, en muchos casos, a las prestaciones disponibles. En consecuencia, la tarea de gestionar la escasez de recursos médicos, se está convirtiendo en uno de los problemas éticos y económicos de nuestro tiempo, que conlleva la búsqueda de nuevas fórmulas de gestión. La información se ha convertido en un bien que se elabora y se intercambia. El intercambio eficiente de información entre los profesionales sanitarios puede ahorrar tiempo y dinero, además de mejorar la efectividad clínica, la continuidad y calidad de la atención en todas las especialidades, así como la gestión de servicios. Así, la información se está convirtiendo en el componente principal de cualquier entorno profesional que quiera seguir siendo competitivo[1].

La medicina actual ha evolucionado cada vez más hacia el diagnóstico fundamentado en las pruebas complementarias, en contra de las tendencias anteriores en el tiempo que se basaban en la intuición y experiencia adquirida por el facultativo así como por los indicios. Esta nueva tendencia hace que la evolución del diagnóstico por imagen no invasivo haya evolucionado exponencialmente en número de estudios en los últimos diez años y como una subcategoría de éste las pruebas radiológicas y la particularización de la teleradiología que es objeto de este estudio.

2. Desarrollo del problema.

2.1 Marco

Expuestos los conceptos básicos, el presente trabajo se basa en la realización de un artículo de revisión. Éste evidentemente no es una publicación original y su finalidad es examinar la bibliografía publicada y situarla en cierta perspectiva[6]. Revisar según la Enciclopedia VISOR[7] es controlar, cotejar o analizar un trabajo ya realizado. Es el intento de sintetizar los resultados y conclusiones de dos o más publicaciones sobre un tópico dado[6].

La revisión se puede reconocer como un estudio bibliográfico en sí mismo, en el cual el revisor tiene un interrogante, recoge datos en la forma de artículos previos, los analiza, sintetiza y extrae una conclusión, pudiendo incluir un examen crítico del estado de los conocimientos reportados de la literatura[8].

La diferencia fundamental entre esta revisión y un trabajo original o estudio primario, es la unidad de análisis, no los principios científicos que se aplican.

Puesto que a diferencia de lo que ocurre con los artículos originales, no hay una organización establecida para la revisión, se elabora una propia. Se organiza para que su alcance general quede bien definido y sus partes integrantes encajen correctamente siguiendo un orden lógico[6].

Los aspectos principales en la preparación de este artículo de revisión son[8]:

a) Definición correcta del tema: teleradiología (expuesta anteriormente).
b) Búsqueda bibliográfica.
c) Selección y acceso a los documentos.
d) Análisis de los documentos.
e) Síntesis de la información.
f) Redacción de la comunicacion.

3. Conclusiones.

Como conclusión final cabe destacar las claras ventajas de la implantación de la teleradiología y su desarrollo dentro de un sistema de prestación sanitaria, aunque no hay perder de vista algunos aspectos que podrían no permitir el aprovechamiento pleno de esta "nueva" disciplina. A continuación se indican los ítems más relevantes a tener en cuenta tanto por sus beneficios como por sus salvedades.

1ª. La telemedicina incluye tanto diagnóstico y tratamiento, como también la educación médica. Es un recurso tecnológico que posibilita la optimización de los servicios de atención en salud, ahorrando tiempo y dinero y facilitando el acceso a zonas distantes para tener atención de especialistas. Otra de las utilidades que presta el uso de la transmisión de datos médicos sobre redes adecuadas es la educación.

2ª. Es un servicio complementario e instantáneo que permite la obtención de una segunda opinión, con aplicaciones que tienen una gran variedad de significados y aplicaciones: servicios de consultas clínicas (Teleconsulta), educación médica e información y aplicaciones automáticas de registros.

3ª. Es un sistema teleradiológico que implica mayor comodidad y mejora la calidad de vida para determinados grupos de pacientes, reduciendo a su vez costes y tiempo.

4ª. El hecho de que diferentes servicios de radiología de distintos hospitales puedan compartir la información ayudará a mejorar el diagnóstico por imagen y la capacitación de los facultativos debido a la sinergia que genera el intercambio de conocimiento. Sin embargo, en contra de algunas tendencias que plantean la posibilidad de la ausencia de radiólogo físicamente y que esta solución tecnológica sea la que solvente su presencia, hay que realizar objeciones ante la necesidad de la particularización de los estudios en función del criterio del facultativo que va a realizar el estudio y el diagnóstico. Esto implica que en patologías comunes o estudios periódicos es relativamente fácil la ausencia del radiólogo pero no en todo tipo de circunstancias.

5ª. Los logros de la tecnología de la información contribuyen en gran medida a la calidad de los procesos diagnósticos y terapéuticos. Debido al rápido desarrollo de los medios modernos de la teleradiología es necesario establecer regulaciones legales, especificando los principios de intercambio a distancia de los datos médicos. Esto lleva también aparejado la relimitación de las responsabilidades inherentes del proceso en la terna paciente- proveedor de servicios.

Referencias.

[1] Radiología digital. **PACS,** teleradiología y estrategias en radiología. Informática Médica Integral SL. Sociedad Española de electromedicina e ingeniería clínica. Parte 3ª: 1-71. Disponible en http://www.seeic.org/articulo/rxdigital/rxdigital.htm el 30 de Julio de 2010.

[2] Ferreirós Domínguez J. Imagen por rayos X. Radiología esencial Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). Editorial Médica Panamericana, 2010; Tomo 1: 3-5.

[3] Radiología digital. PACS**,** teleradiología y estrategias en radiología. Informática Médica Integral SL. Sociedad Española de electromedicina e ingeniería clínica. Parte 1ª: 1-58. Disponible en http://www.seeic.org/articulo/rxdigital/rxdigital.htm el 30 de Julio de 2010.

[4] Barneveld Binkhuysen FH, Ranschaert ER. Teleradiology: evolution and concepts. European Journal of Radiology. 2010.

[5] Telemedicina. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Telemedicina el 30 de Agosto de 2010.

[6] Ramos Miguel H, Ramos María F, Romero Enrique. Como escribir un artículo de revisión. Revista de Posgrado de la Vía Cátedra de Medicina. 2003; 126: 1-3.

[7] VISOR Enciclopedias Audiovisuales SA con el aval científico de la Universidad de Salamanca. Visor E.A.S.A. Impreso en Argentina. Disponible en http://www.med.unne.edu.ar/revista/revista126/como_esc_articulo.htm el 12 de Septiembre de 2010.

[8] Manuel Cué Brugueras M, Díaz Alonso G, Díaz Martínez AG, De la C. Valdés Abreu M. El artículo de revisión. Rev. Cubana Salud Pública. 2008; 34(4).

[9] Metalib. MetaBúsqueda. Gerión. Biblioteca virtual del Sistema Sanitario Público de Andalucía.

[10] PubMed - MEDLINE Internet (National Library of Medicine).

[11] MEDLINE (National Library of Medicine).

[12] Plataforma Science Direct.

[13] Science Citation Index. Permite la identificación de los autores más destacados en el tema.

[14] Boland GWL. Editorial. The impact of teleradiology in the United States over the last decade: driving consolidation and commoditization of radiologist and radiology services. Clinical Radiology. 2009. 64: 457-460.

[15] Ekeland AG, Bowes A, Flottorp S. Effectiveness of telemedicine: asystematic review of reviews. International Journal of Medical Informatic. 2010. p: 1-36.

[16] FitzGerald R. Commentary on the impact of teleradiology in the United States over the last decade: driving and commoditisation of radiologist and radiology services. Clinical Radiology. 2009. 64: 461-462.

[17] Lundberg N, Wintell M, Lindskold L. The future progress of teleradiology-An empirical study in Sweden. European Journal of Radiology. 2010. 73: 10-19.

[18] Pattynama Peter MT. Legal aspects of cross-border teleradiology. European Journal of Radiology. 2010. 73: 26-30.

[19] Pechen Tiron CM, Girard Greg, Walsh B. The value teleradiology represents for Europe: a study of lessons learned in the U.S. European Journal of Radiology. 2010. 73: 36-39.

[20] Ross P, Sepper R, Pohjonen H. Cross-border teleradiology-Experinece from two international projects. European Journal of Radiology. 2010. 73: 20-25.

[21] Ruotsalainen P. Privacy and security in teleradioloy. European Journal of Radiology. 2010. 73: 31-35.

[22] Moffatt JJ, Eley DS. The reported benefits of telehealth for rural Australians. Aust. Health Rev. 2010; 34 (3): 276-81.

[23] Char A, Kalyanpur A, Puttanna Gowda VN, Bharathi A, Singh J. Teleradiology in an inaccessible area of northern India. J Telemed Telecare. 2010; 16 (3): 110-3.

[24] Claus Duedal Pedersen, Janne Rasmussen, Charlotte Beck. Project R-Bay; Creating an eMarketplace for the transfer of imaging related eHealth services in Europe.2009. 1-28.

[25] Del Cura JL, Pedraza S, Gayete A. Radiología esencial. Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). Editorial Médica Panamericana, 2010; Tomos 1 y II.

[26] Nicolás Gourtsoyiannis et al. Teleradioloy in the European Union. White paper. European Society of Radiology (ESR). 2006.

[27] García A, Isaza JF, Zapata U, Roldán S. Ejecución de un sistema piloto de teleradiología en Medellín, Colombia. Colombia Médica. 2006; 37 (3). Disponible en http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol37No3/html/cm37n3a2.htm el 30 de Julio de 2010.

[28] Telemedicina. Telemedicina en España. Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Telemedicina el 28 de Septiembre de 2010.

[29] Telemedicina. La situación chilena. Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Telemedicina el 28 de Septiembre de 2010.

[30] Telemedicina. Telemedicina de México. Wikipedia, la enciclopedia libre. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Telemedicina el 28 de Septiembre de 2010.

[31] Hirasaw a, Yukinori. Teleradiology. PubMed.

[32] Duka, Milos. Duka M, Mihailović B, Miladinović M, Janković A, Vujicić B. Evaluation of telemedicine systems for impacted third molars diagnosis. Vojnosanit Pregl. 2009; 66 (12): 985-91.

[33] Yoshinaga T, Horiguchi T, Miyazaki W, Masuda K. Development of 3D space-sharing interface using augmented reality technology domestic teleechography. IEEE Eng Med Biol Soc. 2009; :6103-6.

[34] Krupinski, Elizabeth A. Virtual slide telepathology w orkstation-of-the-future: lessons learned from teleradioloy.

[35] Levine, Betty A. Conversion to use of digital chest images for surveillance of coal w orkers pneumoconiosis (Black lung).

[36] Adam, Andy. Radiology: does it have a sell- by date?

[37] Johnson, Nel D. Teleradiology 2010: technical and organizational issues.

[38] Char A, Kalyanpur A, Puttanna Gowda VN, Bharathi A, Singh J.Teleradiology in an inaccessible area of northern India. J. Telemed Telecare. 2010; 6 (3):110-3.

[39] Reddy, Sravanthi. Highlights from the scientific and educational abstracts presented at the ASER 2009 Annual Scientific Meeting and Postgraduate Course. Emerg Radiol. 2010; 17 (3): 219-25.

[40] Galvin JR, Frazier AA, Franks TJ. Collaborative radiologic and histopathologic assessment of fibrotic lung disease. Radiology. 2010; 255 (3): 692-706.

[41] Ellenbogen, Paul H. Joint venture with a hospital/walking away from a small satellite hospital. J Am Coll Radiol. 2010 ; 7 (5): 374-5.

[42] Aslaksen, Aslak. Leadership challenges in a radiology department. Tidsskr Nor Laegeforen. 2010 Aug; 130 (15):1451-2.

[43] Wilians, Saunya. Telepathology for patient care: w hat am I getting my self info?

[44] LaBounty TM, Kim RJ, Lin FY, Budoff MJ, Weinsaft JW, Min JK. Diagnostic accuracy of coronary computed tomography angiography as interpreted on a mobile handheld phone device. JACC Cardiovasc Imaging. 2010; ;3 (5): 482-90.

[45] Hilman, Bruce J. Betw een a rock and a hard place.

[46] Zajdel R, Zajdel J. The analysis of legal basis of telediagnosis and teleconsultation in clinical practice. Are we allowed to consult our patients via phone? Part II. Med Pr. 2010; 61 (4): 449-55.

[47] Pechet TC, Girard G, Walsh B. The value teleradiology represents for Europe: a study of lessons learned in the U.S. Eur J Radiol. 2010; 73 (1): 36-9.

[48] Lundberg N, Wintell M, Lindsköld L. The future progress of teleradiology-an empirical study in Sweden. Eur J Radiol. 2010; 73 (1):10-9.

[49] Agrawal A, Agrawal A, Pandit M, Kalyanpur A. Systematic survey of discrepancy rates in an international teleradiology service. Emerg Radiol. 2010.

[50] Langer SG, French T, Segovis C. TCP/IP Optimization over Wide Area Networks: Implications for Teleradiology. J Digit Imaging. 2010.

[51] Ninos K, Spiros K, Glotsos D, Georgiadis P, Sidiropoulos K, Dimitropoulos N, Kalatzis I, Cavouras D. Development and evaluation of a PDA-based teleradiology terminal in thyroid nodule diagnosis. J Telemed Telecare. 2010; 16 (5): 232-6.

[52] Katz Michael E. Pediatric teleradiology: the benefits. Pediatr Radiol. 2010; 40 (8): 1349-52.

[53] Shiels, William E. Pediatric teleradiology outsourcing: downside considerations. Pediatr Radiol. 2010; 40 (8):1349-52.

[54] Faggioni L, Neri E, Castellana C, Caramella D, Bartolozzi C. The future of PACS in healthcare enterprises. Eur J Radiol. 2010.

[55] Tan CK, Ng JC, Xu X, Poh CL, Guan YL, Sheah K. Security Protection of DICOM Medical Images Using Dual-Layer Reversible Watermarking with Tamper Detection Capability. J Digit Imaging. 2010.

[56] Fernandez-Bayó J. IHE profiles applied to regional PACS. Eur J Radiol. 2010.

[57] Moffatt JJ, Eley DS. The reported benefits of telehealth for rural Australians. Aust Health Rev. 2010 ; 34 (3): 276-81.

[58] Sharma M, Agrawal A. Case report: Stercoral sigmoid colonic perforation with fecal peritonitis. Indian J Radiol Imaging. 2010; 20 (2): 126-8.

[59] Kalyanpur A, Singh J, Bedi R. Practical issues in picture archiving and communication system and networking. Indian J Radiol Imaging. 2010; 20 (1): 2-5.

[60] González Álvarez I. La gestión en los Servicios de Radiología. Radiología esencial Sociedad Española de Radiología Médica (SERAM). Editorial Médica Panamericana, 2010; Tomo 2: 1796-1797.

[61] Parra JP. El Reina Sofía crea un servicio de teleradiología para suplir la falta de especialistas en Los Arcos. Disponible en http://www.laverdad.es/murcia/prensa /20061215/region_murcia/reina-sofia-crea-servicio_20061215.html el 1 de Octubre de 2010.

[62] Los preparativos para la teleradiología dejan un mes sin servicio de TAC al hospital Disponible en http://www.laverdad.es/alicante/20090114/orihuela/preparativos-para-teleradiologia-dejan-20090114.html el 6 de Octubre de 2010.

Production preparation in digital environment

J. Pobożniak

Faculty of Mechanical Engineering, Cracow University of Technology, Al. Jana Pawła II 37,
31-864 Cracow, Poland, pobozniak@mech.pk.edu.pl

Abstract. The paper contains the presentations of PLM solutions offered by Dassault Systemes with the special emphasis put on the Delmia – the tool for the production preparation. The basic information about this system as well as the information about its use in the Production Engineering Institute, Cracow Unviersity of Technology are given.

Keywords: Concurrent Engineering, design/manufacturing integration, PLM

1. Introduction.

In computer integrated development of products, processes and manufacturing systems, different methods are used to aid the engineers. The most important outcomes of the implementation of modern product development strategies are the shorter product start-up cycles and the faster completion of orders. The magnitude of benefits depends on the degree of information integration between the technical production preparation phase and the production planning activities. To speed-up the design and planning activities, the computer systems for product and manufacturing systems development featuring the growing degree of automation are widely used, while the information integration is achieved by using the integrated IT systems. The Digital Manufacturing portfolio comprises of multiple solution components such as process planning, process simulation and manufacturing process management solution framework for data management, change management, web enabled collaboration etc. So the challenge lies in identifying and integrating the areas to meet the objectives of Digital Manufacturing initiatives with PLM/ IT initiatives. The papers presents the methodological approach linking CE techniques with capabilities of nowadays manufacturing process management solutions.

2. Trends in strategies and computer systems for concurrent product development.

According to the new development strategies, the product development focuses on:

- as much as possible parallel execution of all development related product life cycle phases, thus creating CE (Concurrent Engineering) environment. CE strategy assumes the development of resources and production facilities at the early product design phases to shorten the production start-up time.

- incorporation of the relations between business and engineering activities CEE (Cross Enterprise Engineering), securing also the access to the resources of cooperating enterprises.

The parallel execution and the integration of products and processes starts on the early product development stages and covers suppliers, clients, as well as internal and external IT solutions. CEE means that product components, parts, assemblies, systems and functional sub-systems are designed and developed across the local business and engineering boundaries. Intranet and internet are here used as the means for the communications and the information exchange.

Concurrent engineering is the computer integrated environment for design and manufacturing – the common platform for computer aided systems used in the product development. The key condition for the effective concurrent engineering and cross enterprise engineering is the computer integrated environment of design and manufacturing – the common platform for computer aided systems for the product development. Effectiveness of the CE and CEE strategies results from the better management of information in production process. The efficiency of activities depends on the provision of right information, to right places, for right peoples in the right time. PDM (Product Data Management) systems play the coordination role in the synchronization of the flow of information. PDM systems manage the data about the product services, product structure, its documentations and processes with the ability of processing data in the electronic form. PDM systems allow for modelling, storage and transformation of all data related to the product. Development of the integrated systems evolves toward the PLM (Product Lifecycle Management) solutions. PLM strategy increases the integration and automation of realized functions [1, 2, 4, 5, 6]. PLM environment includes the following applications for the product development:

- PPM (Product and Portfolio Management),
- CAx (Product Design),
- MPM (Manufacturing Process Management),
- PDM (Product Data Management).

3. Integrated process and systems development in PLM environment

Features of modern development strategies indicate the need for product development phase integration.

Integration and parallel execution of activities were received through the separation of the conceptual design stages, allowing for the creation of the variant solutions. Variants are then evaluated in the view of the requirements of the next development phase [3]. The selected variant fulfilling the established criteria is next further developed in the detail design stage (Fig. 1).

3.1 Conceptual process planning stage

The assembly process is created on the basis of the digital product model prepared with CATIA system. The process planning activities includes:

- the development of the product assembly structure – separation of the assembly units (assemblies, subassemblies and parts),

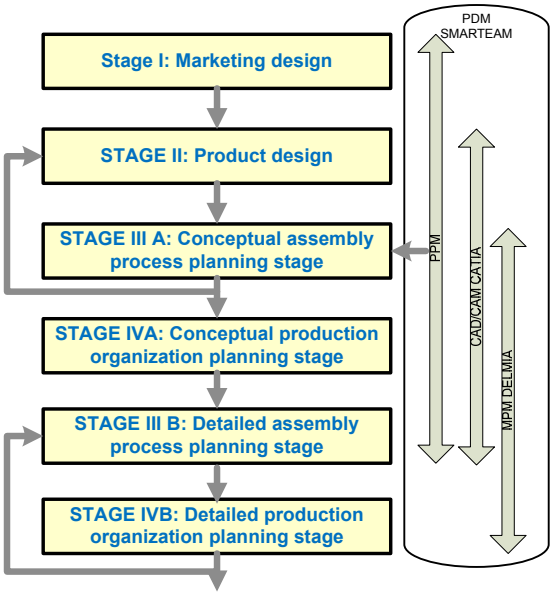


Figure 1 Parallel execution of product development phases

- development of the assembly process plan including the basic parts for separated assembly units, methods and hierarchical order of assembly of these units to receive the design features of the product,
- mounting of subassemblies, assembles and parts prepared with Part Design module in Assembly Design module based on the developed assembly plan.

The results of the above actions are necessary to make the assembleability analysis of the product and for iterative improvement of the design form in view of the assembly requirements. The product design resulting form the subsequent iterations and its assembly plan form the base for defining the graph of the assembly activities, representing the admissible variants of the execution of product assembly.

3.2 Conceptual production organization planning stage

The conceptual manufacturing organization stage is used to select the appropriate form of the production organization, production pace, and the initial calculation of the number and type of functional subsystems. On this stage, also the type and organizational form of assembly system are selected.

3.3 Detailed process planning stage

The selected type, organizational form of the assembly and the graphical product assembly plan verified with DMU Kinematics module of CATIA are the basis for the assembly process planning. The assembly process planning includes the selection of the operations and activities, selection of the assembly equipment, conceptual design of the assembly stations as well as the decisions on the concept and the selection or design of the transport system components. Based on the above process, the digital model of the assembly system and work places is created. The data required for the detailed production organization calculation and for the calculation of the duration of assembly activities are gathered from the components of the digital model of the system. The duration times of the assembly activities were determined using the MTM methods.

3.4 Detailed production organization planning stage

The selected structure of the assembly process and the determined duration times of assembly activities covered by the operations are the base for the synchronization within the isolated assembly subsystem. For analysed production organization forms, for example production lines, these steps include the calculation of the number of stands and line balancing.

The activities for the selected organization forms (assembly stations) include ergonomic analysis.

The outcome of the detailed production organization stage is the digital model of the manufacturing system linking all the components of the assembly system with assembly process plan stored in library and process schedule. The further test on simulation model are used to analyze and improve the system being developed.

4. Verification

The verification was done with PLM solutions offered by Dassault Systemes. These solutions include the following systems (Fig. 2, 3):

- CAD/CAM CATIA for product, manufacturing process and resource design,
- PDM SMARTEAM and ENOWIA for the development process management,
- MPM DELMIA for process and manufacturing system design.

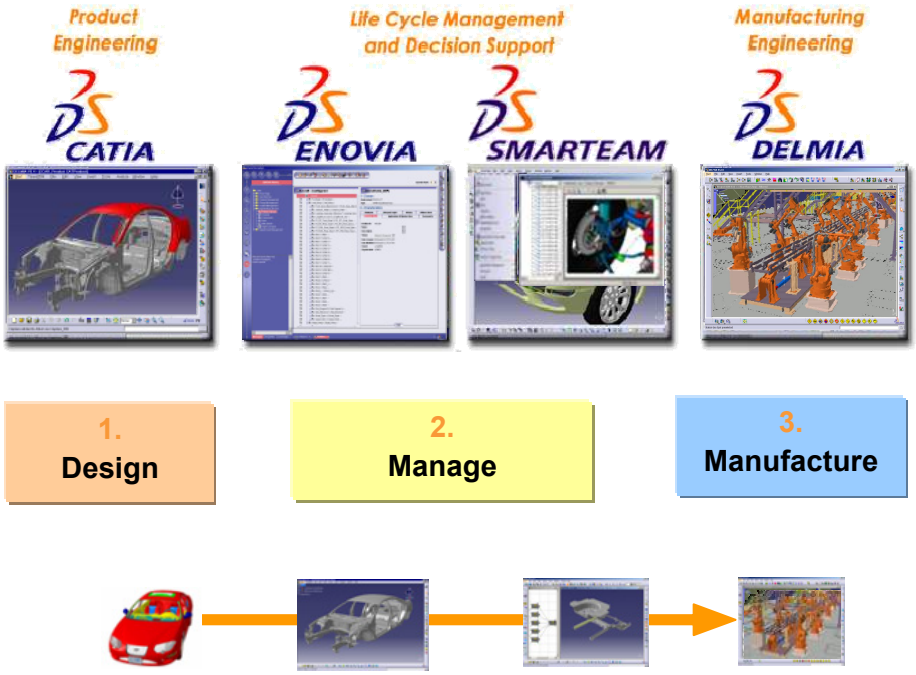


Figure 2. Areas covered by PLM Delmia solution

The projects of gear reducer and car water pump were used to verify the presented concept and CATIA/DELMIA software deployed at Institute of Production Engineering.

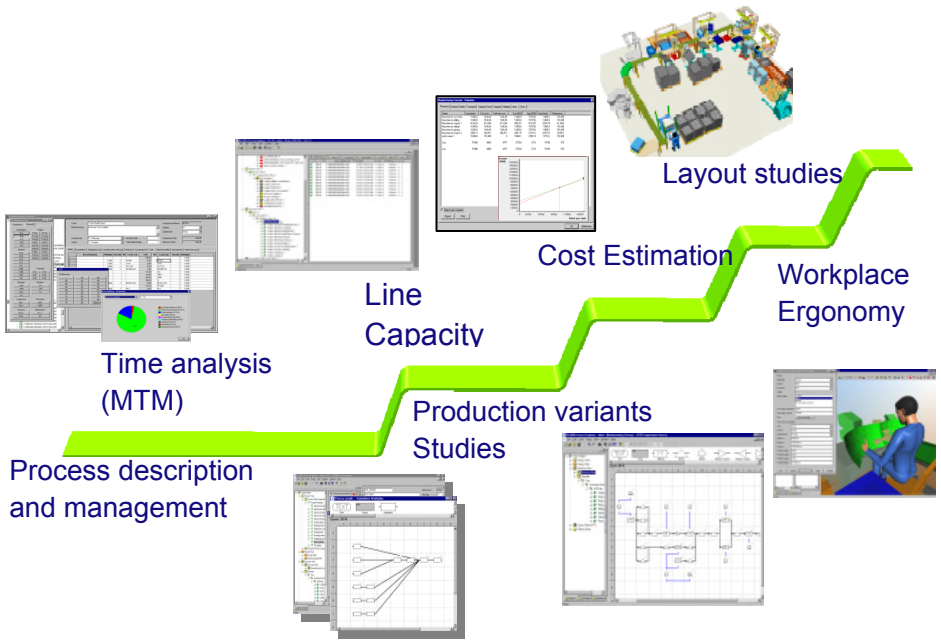


Figure 3. Process Engineer functions

The tests included the following:

- creation of the digital product model,
- creation of the process flow and manufacturing concept,
- creation of the manufacturing concept including the definition of process and assembly system library, and the preparation of the digital models of assembly system,
- creation of the assembly documentation,
- creation of the process simulation and the ergonomic analysis of work stands.

Several computer systems were used during the development, including the software for MTM analysis, line balancing, and assembly process simulation. Fig. 4 shows the graph of manufacturing concept. The nodes of these graphs represents the manufacturing stands, while the relations between nodes represents the flow of the production process (Fig. 4a). Each manufacturing stand has assigned product elements being processed on it. It has also assigned process activities like manufacturing, assembly, testing and non-value adding operations. The manufacturing resources including the transport means and workers are also assigned to nodes of manufacturing concept. The fragmentary layout of resources used in manufacturing concept is presented on Fig. 4b. The initial versions of manufacturing concepts were continuously improved by using results of computer analysis available in PLM system in an iterative manner, as described previously. For example, the ergonomy was examined in details (Fig. 4c).

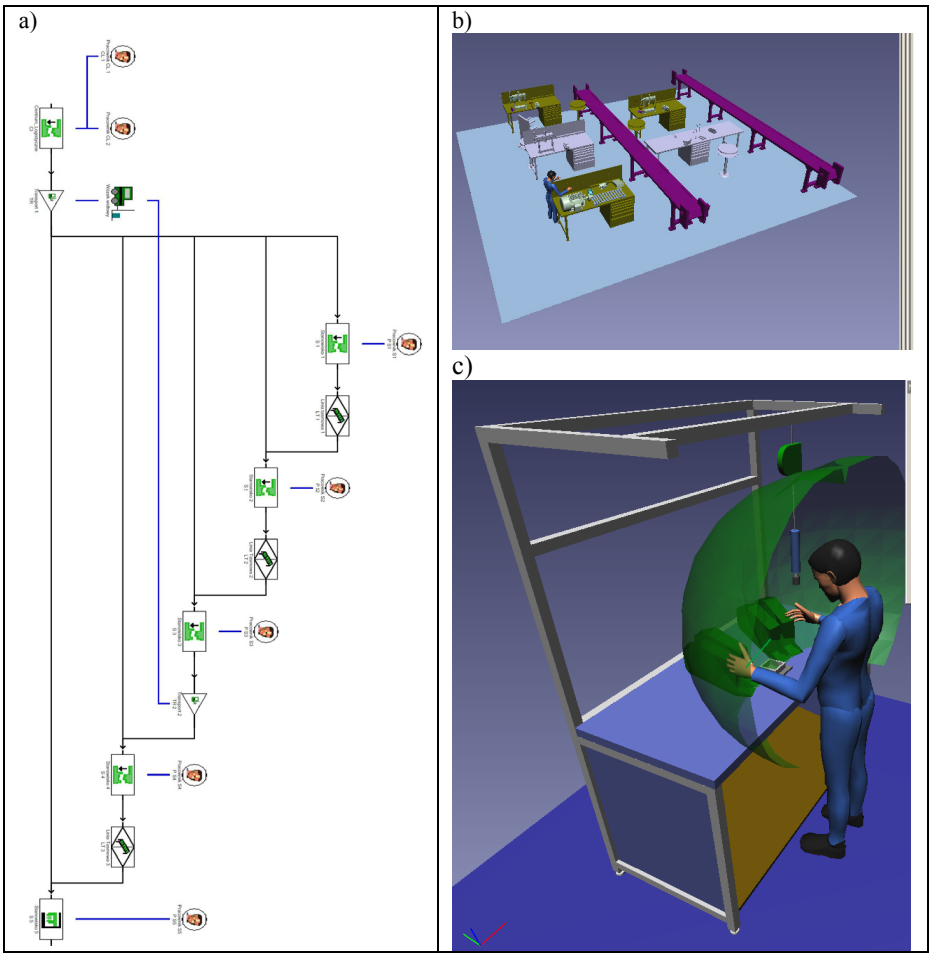


Figure 4. Verification steps: a) Manufacturing concept, b) Line layout, c) Ergonomic analysis

4. Conclusion

The proposed methodology using PLM components like DELMIA CATIA and Process Engineer allows to increase the integration level of the process planning and assembly system design. It covers various design aspects including:

- normalization of the duration times of assembly activities,
- balancing of production line.

On the current level of implementation of integrated process design, MTM, MOST and BLP methods are used together with associated systems. Further actions are needed to include the following design aspects:

- analysis of manufacturing variants,
- throughput analysis,
- cost estimation,
- layout design.

Nevertheless it should be noted the PLM solutions are only the tools speeding up the organizational and process planning stages of production preparation. The key condition to receive the good results are high qualifications of designer, process planners and manufacturing organization engineers developing the system components.

References

[1] Chlebus, E. (2000), Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji, Warszawa.

[2] Chlebus, E., K. Oczoś, B. Dybała and T. Boratyński, (2000), „Nowoczesne technologie w rozwoju wyrobu", Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej, Nr 78/2000.

[3] Duda, J. (2004), "Wspomagane komputerowo generowanie procesów wytwarzania – obecny stan i perspektywy rozwoju", III Forum Integracyjne Polskiego Stowarzyszenia Upowszechniania Komputerowych Systemów Inżynierskich „ProCax", Jedlnia.

[4] Eversheim, W., H. Rozenfeld, W. Bochtler and R. Graessler (1995), "A Methodology for Integrated Design and Process Planning on a Concurrent Engineering Reference Model", Annals of the CIRP 1995.

[5] Eigner, M. (2004), "Product Lifecycle Management – The Backbone for Engineering", First International Conference, "Virtual Design and Automation", Poznań.

[6] Kahlert, T. (2004), "From PDM to PLM – from a workgroup tool to on enterprise –wide strategy", First International Conference, "Virtual Design and Automotion", Poznań.

Incorporating machine learning for a contextual recommender systems

Najma Hamzaoui, Abdelouahid Lyhyaoui

LTI Lab., ENSA de Tanger, Université Abdelmalek Essaadi, BP 1818 Tanger Principale, Tanger, Maroc,
hamzaoui.najma@gmail.com

Abstract. Recommender Systems (RS) are raised as web 2.0 services and cover a wide variety of applications. RS can be considered as social networking tackles that offer dynamic and collaborative communication, interaction and knowledge. This paper provides a review of a different improvement that more effectively determines performance of recommender systems. One recent trend in information processing and retrieval systems is the acquisition of contextual data in order to improve recommendations. We deal with the incorporation of contextual information into the recommendation process based on various machine learning techniques.

Keywords: Recommender Systems, contextual information, machines Learning

1. Introduction.

In today's overwhelming quantity of available information, users complain about finding useful information. Recommender systems predict the information that users need and provide them with recommendations to increase their satisfaction. They have become everyday tool and ubiquitous in a fields of a wide variety of applications such as shopping, movies, music, e-learning simplifying and personalizing information management.

Currently Recommender systems (RS) cover an important field within collaborative services that are developed in the Web 2.0 environment [1, 2, 3]. Collaborative filtering is based on making predictions about a user's preferences or tastes based on the preferences of a group of users that are considered similar to this user, etc. Content based systems on the other hand, compare items in terms of content similarity, and recommend similar items. Each of these methods has its advantages, but also limitations and disadvantages. Therefore, combining different methods come to overcome disadvantages and limitations of a single method. There have been many advances in recommender systems research. An extensive review of the different approaches used in recommender systems is presented in Burke [4]. The current generation of recommender systems still requires further improvements to make recommendations methods more effective and useful to applications.

Recently, Adomavicius and Tuzhilin [5] have identified various areas of improvements for current recommender systems. They are: (i) better methods for representing user behaviour and information about items; (ii) more advanced recommendation modelling methods; (iii) incorporation of contextual information into recommendation process; (iv) the use of multi-criteria ratings; (v) development of

less intrusive and more flexible recommendation methods; and (vi) development of recommender systems effectiveness measures.

This paper attempts to address the improvement need stated in (iii) and using the machines learning techniques for finding efficient solutions requiring smaller computational efforts, for truly accurate recommender systems and to adapt better to specific needs of the user those which are dependent on his current context. One recent important research area in recommender system shown that context is of great importance when it comes to recommendations. The integration of additional contextual features, for hybrid recommenders improves the quality of recommendations [6]. Incorporating of the context in a recommender system converts a 2-dimmensional user/item problem into an n-dimensional one through the addition of several contextual dimensions.

The rest of the paper is structured as follows:

Section 2 presents a summary of RS: fundamentals of the recommending problem and approaches depending on machines learning. Section 3 some details some of the work published on RS, focusing on both context and machine learning approaches and finally Section 4 includes the discussion and some conclusions.

2. A summary of Recommender System.

RS systems have become a popular research area since the first papers on collaborative filtering in the mid-1990s [7] when researchers started focusing on recommendations that explicitly relied on the rating structure. For example, in a movie recommending application (such as the one at MovieLens [8]), users initially rate a subset of movies that they have already seen. The usual formulation of the problem centers on how to predict the rate that an active user should give to an unseen item. This estimation could be used to recommend to the user those items with the highest estimated ratings.

Considering collaborative RS, we can distinguish between various learning approaches: in the first case, considering collaborative recommendation as classification problem, the full joint probability distribution capturing the data is obtained by means of a mixture of conditional independence models. The second approach builds several models (one for each user represented as a probabilistic decision tree learnt using a statistical score) and these predict the likelihood of an individual item given a combination of the observed votes for the other users [9].

Many other approaches to the RS have been published [10,5], using methods from machine learning, and various heuristics. RS are usually classified into the following categories, based on how the recommendations are made:

• Content-based RS store content information about each item to be recommended. This information will be used to recommend items similar to the ones the user preferred in the past, based on how similar certain items are to each other or the similarity with respect to user preferences (also represented by means of a subset of content features).

Various machine learning techniques including clustering, decision trees, and artificial neural networks have been used [11], they are based not on a heuristic formula but on a model learned to calculate utility predictions. The naïve Bayesian still produce high classification accuracy, for example, [12] uses the naïve Bayesian classifier to classify unrated web pages, based on a set of Web pages that were rated as relevant or irrelevant by the user.

The main problem with content-based RS are firstly, the difficulty of making accurate recommendations to users with very few ratings, secondly, overspecialization since the system would recommend similar items to those already rated and content based systems can also suffer from difficulty to use multimedia items. To deal with some of these shortcomings the collaborative approach has been used:

• Collaborative Filtering (CF) attempt to predict the rating of an item for a particular user based on how other users previously rated the same item and recommend items that they have liked. According to [5], collaborative RS can be grouped into memory-based and model-based approaches. On the one hand, memory-based algorithms use the whole rating matrix to make recommendations based on the entire collection of previously rated items by the users [13]. In order to do so, they use some kind of aggregation measure considering the ratings of other (most similar) users for the same item. Different models can be obtained by considering a particular similarity measure and different aggregation criteria. The most common approach can be represented by the following equation:

$$r_{a,j} = k\sum_{U_i \in U_a^*} sim(U_a, U_i) \times r_{i,j} \quad (1)$$

where $r_{i,j}$ denotes the rating given by user U_i to the item U_j, k is a normalizing factor, "*sim*" is a similarity (distance) measure between users and U_a^* denotes the set of users that are most similar to U_a. On the other hand, in model-based algorithms the predictions are made by building (offline) an explicit model of the relationships between items. This model is then used (online) to finally recommend the product to the users. In this approach, the predictions are therefore not based on any ad hoc heuristic, but rather on a model learnt from the underlying data using statistical and machine learning techniques. There have been several model-based CF approaches, we have: neural networks [9]. In addition a CF method based on artificial neural networks is coupled with feature extraction techniques can outperform memory-based approach in some cases. A statistical model was proposed in [14] and several algorithms for estimating the model parameters are compared, including k-means clustering and Gibbs sampling. Other method for CF includes a linear regression [15], [16] uses the collection of ratings to learn a model, where a probabilistic approach is proposed based on cluster models and Bayesian networks.[17] have empirically demonstrated that combining memory based and model-based approaches can provide better recommendations.

Collaborative RS have their own shortcomings: firstly, for a new user there is a problem, since it is necessary for a set of items to be rated in order to perform similarity analysis, and the greater the number of ratings performed by a user, the more accurate the assignment to a group of similar users; and secondly, there is a problem for new item since an item which has not been rated previously cannot be recommended. The sparsity of ratings is another problem; the number of user-specified rating is usually very small compared to the number of rating that need to be predicted. Also, can lead to poor recommendations users whose tastes are unusual compared to the rest of the population.

• Hybrid RS combine both content and collaborative approaches. Different combination methods could be used from running both alternatives separately and combining their prediction to construct a general unifying model which incorporates both models. There are many hybrid recommender systems that focus on recommending items, using some source of information or some content based elements and newer or few do not take into the consideration additional contextual information. The approach of Adomavicius et al.[18] combines the concepts of contextual and hybrid recommender systems and created models for dimensionality reduction of multidimensional recommendation space and then merges these into a unified recommendations model.

3. Toward context in recommender systems.

3.1. Context.

Focusing on the fields that are related to (RS), there exist many definitions of context across various disciplines such as data mining, e-commerce personalization, databases, information retrieval, ubiquitous and mobile context-aware systems, marketing, and management. Context is a multifaceted concept: In the data mining community, for example, context is sometimes defined as those events which characterize the life stages of a customer and that can determine a change in his/her preferences, status, and value for a company [19]. Examples of context include a new job, the birth of a child, marriage, divorce, and retirement. Knowledge of this contextual information helps mining patterns pertaining to this particular context by focusing only on the relevant data or selecting only relevant data mining results that are applicable to a particular context. Dey et al. [20] do a thorough review of definitions and categories of context and context aware in their article and provide their own definitions: "Context is any information that can be used to characterize the situation of entities", also they have chosen a more general definition of context aware computing "a system is context aware if it uses context to provide relevant information and/or services to the user, where relevancy depends on the user's task''.

The relevance of the recommended items is especially important in order to win user's trust. With the increasing quantity of data available online; there are approaches to improve recommendations. One recent trend in information processing and retrieval systems is the acquisition of contextual data. Observing context in a recommender system converts a 2-dimensional user/item problem into an n-dimensional one through the addition of several contextual dimensions. There are a number of ways to obtain the contextual information, including: explicitly, implicitly, and inferring. In particular, the relevance determination can either be done manually, e.g., using domain knowledge of the recommender system's designer or a market expert in a given application domain, or automatically, e.g., using numerous existing feature selection procedures from machine learning [21], data mining [22], and statistics [23], based on existing ratings data during the data preprocessing phase.

3.2. Related work.

In recent years, there has been an increasing interest in adding context to recommendations. This is due to the success that some applications have had using contextual features such as location (www.Foursquare.com). Amatriain and al. [24], categorize context aware recommender systems (CARS) into three types:

Contextual pre-filtering use data from the context to select the relevant data for each case. Once this is selected and filtered, regular recommending algorithms may be used

Contextual post-filtering techniques ignore contextual information and generate recommendations in a traditional way. Those recommendations are later filtered to match the current context

In contextual modeling, context information is directly fed into the model and used to drive the predictions.

One method of contextual pre-filtering proposed by Amatriain et al. [24] is so-called user micro-profile, in which a single user is represented by a hierarchy of possibly overlapping contextual profiles. Following the contextual pre-filtering paradigm, Adomavicius et al.[18] propose a reduction based approach of multidimensional recommendation space to two dimensions and then combine these into a unified recommendations model. Context post-filtering methods generate recommendations in a

traditional way proposed in the literature and then apply filtering. Panniello et al. [25] observe and indicate that the best approach to use (pre- or post-filtering) really depends on a given application.

the last category of contextual modelling approach uses contextual information directly in the recommendation function as an explicit predictor of a user's rating for an item, the contextual modelling approach gives rise to truly multidimensional recommendation functions, which essentially represent predictive models (built using decision tree, regression, probabilistic model, or other technique) or heuristic calculations that incorporate contextual information in addition to the user and item data. Some standard model-based approaches could theoretically accept more dimensions, such as the method proposed by Ansari et al.[26], combines the information about users and items into a single hierarchical regression-based Bayesian preference model that uses Markov Chain Monte Carlo (MCMC) techniques to estimate its parameters. While the approach presented in [10] is described in the context of the traditional two-dimensional recommender systems, it can be directly extended to include the contextual information. Furthermore, parameter estimation of this model can be very time consuming and not scalable. Therefore, one of the research challenges is to make such models more scalable and more robust in terms of the more accurate estimations of unknown ratings. Some of the initial ideas of how to make these approaches more scalable are presented in [27]. The only models to report results in this category are Oku et al.'s [28] in which they propose to incorporate additional contextual dimensions (such as time, companion, and weather) directly into recommendation space and use machine learning technique to provide recommendations in a recommender system. The authors consider Support Vector Machine (SVM) classification method, which views the set of liked items and the set of disliked items of a user in various contexts as two sets of vectors in a multidimensional space and find the separating hyper-plane. Their experiments show that contextual recommendations perform better than non-contextual ones.

Finally, there are others authors that have addressed the issue of context-aware recommendations from a personalization perspective. These approaches are online learning methods and factorization models approach as Multiverse Recommendations to form Context-Aware Recommender Systems (CARS) and deployed in order to provide superior context-aware recommendations.

4. Conclusion.

In this paper we have presented on overview of the latest researchers on fields of recommender systems. Studies have shown that context is of great importance when it comes to recommendation. The incorporation of context into RS provides improvement in recommendations performances. Since Context Aware Recommender System (CARS) is a new and an emerging area of recommender systems, Machines learning methods play a relevant role in this topic. The presented methods constitute the initial approaches to provide recommendations, and better-performing methods are needed and should be developed into one common approach.

References.

[1] T. Janner, C. Schroth, Web 2.0 and SOA: Converging concepts enabling the internet of services, in: IT Professional, 2007, pp. 36–41.

[2] M. Knights, Web 2.0, IET Communications Engineer (2007) 30–35.

[3] K. J. Lin, Building Web 2.0, Computer (2007) 101–102.

[4] R. Burke, Hybrid recommender systems: survey and experiments, User Model. User-Adapted Interaction 12 (4) (2002) 331–370.

[5] G. Adomavicius, A. Tuzhilin, Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions, IEEE Trans. On Knowledge Data Eng. 17 (6) (2005) 734–749.

[6] T. De Pessemier, T. Deryckere, and L. Martens, `Context aware recommendations for user-generated content on a social network site', in Proc. of EuroITV'09, (2009).

[7] P. Resnick, N. Iacovou, M. Suchak, P. Bergstrom, and J. Riedl, `Grouplens: an open architecture for Collaborative filtering of netnews, in Proc. of CSCW '94, (1994).

[8] B. Miller, I. Albert, S. Lam, J. Konstan, J. Rield, Movielens unplugged: experiences with an occasionally connected recommender systems, in:Proc. Internat. Conf. Intelligent User Interfaces, 2002, pp. 263–266.

[9] D. Heckerman, D.M. Chickering, C. Meek, R. Rounthwaite, C. Kadie, Dependency networks for inference, collaborative filtering, and data visualization,, J. Mach. Learn. Res. 1 (2001) 49–75.

[10] S. Kangas, Collaborative filtering and recommendation systems, in: VTT Information Technology, 2002.

[11] M. Pazzani and D.Billsus,''Learning and Revising User Profiles: The Identification of Interesting Web Sites,''Machine Learning, vol.27, pp. 313-331,1997.

[12] R.O. Duda, P.E Hart, and D.G. Stork, Pattern Classification. John Wiley & Sons, 2001.

[13] J.S. Breese, D. Heckerman, C. Kadie, Empirical analysis of predictive algorithms for collaborative filtering, in: 14th Conf. on Uncertainty in Artificial Intelligence, 1998, pp. 43–52.

[14] L.H. Ungar and D.P. Foster, 1998. Clustering methods for collaborative filtering. In Recommender *Systems*; Papers from 1998 Workshop; Technical Report WS-98-08. AAAL Prees.

[15] Sarwar, B, G. kaonstan, J. riedl , 2001. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms. In Proc. of the10th International WWW Conference.

[16] J. S. D Breese Heckerman, and C. Kadie, 1998. Empirical analysis of predictive algorithms for collaborative filtering. In Proceedings of the fourteenth conference on Uncertainty in artificial Intelligence, Madison, WI.

[17] Pennock, D. M. and E. Horvitz, 1999. Collaborative filtering is personality diagnosis: A hybrid memory and model-based approach. In IJCAI'99 Workshop: Machine Learning for Information Filtering.

[18] G. Adomavicius, R. Sankaranarayanan, S. Sen, and A. Tuzhilin. Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach, ACM Trans. Inf. Syst., 23(1), (2005).

[19] M. J. Berry and G. Linoff. Data mining techniques: for marketing, sales, and customer support.John Wiley & Sons, Inc. New York, NY, USA, 1997

[20] G. D. Abowd, A. K. Dey, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith,and P. Steggles, "Towards a better understanding of context and context-awareness," in HUC '99: Proc. 1st Int. Symp. On Handheld and Ubiquitous Computing.

[21] D. Koller and M. Sahami. Toward optimal feature selection. In Proceedings of the 13th International Conference on Machine Learning, pages 284–292. Morgan Kaufmann, 1996.

[22] H. Liu and H. Motoda. Feature selection for knowledge discovery and data mining. Springer,

[23] S. Chatterjee, A. S. Hadi, and B. Price. Regression analysis by example. John Wiley and Sons, 2000.

[24] T. Cebrian, M. Planaguma, P. Villegas,X. Amartriain. Music Recommendations with temporal context awareness. Context aware recommender Systems Workshop at Recsys09, 2009.

[25] U. Panniello, A. Tuzhilin, M. Gorgoglione, C. Palmisano, and A. Pedone. Experimental comparison of pre-vs. post-filtering approaches in context-aware recommender systems. In Proceedings of the 3rd ACM conference on Recommender systems, pages 265–268. ACM, 2009.

[26] A. Ansari, S. Essegaier, and R. Kohli. Internet recommendation systems. Journal of Marketing Research, 37(3):363–375, 2000.13.

[27] A. Umyarov and A. Tuzhilin. Using external aggregate ratings for improving individual recommendations. ACM Transactions on the Web, 2010.67.

[28] K. Oku, S. Nakajima, J. Miyazaki, and S. Uemura. Context-aware SVM for context-dependent information recommendation. In Proceedings of the 7th International Conference on Mobile Data Management, page 109, 2006.

SECRETARÍA DEL CONGRESO

Aula Universitaria del Estrecho
Avda. Ramón Puyol s/n
11202 Algeciras_Cádiz_España
T +34 956 02 81 95
secretaria@emsce2011.com

COORDINADORES CIENTÍFICOS

Carlos Andrés García Vázquez
algeciras@emsce2011.com

Naoufal Raissouni
tetuan@emsce2011.com

ORGANIZAN

FINANCIAN

Proyecto financiado por el Ministerio de Educación en el marco del Programa Campus de Excelencia Internacional.

Proyecto Financiado por el Ministerio de Ciencia en Innovación.
Referencia: CTM2010-12075-E (subprograma TECNO)

COLABORAN