



MOROCCAN COMMITTEE  
OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION  
OF HYDROGEOLOGISTS (MC-IAH)



IN COLLABORATION WITH



IBN ZOHR UNIVERSITY  
AGADIR



FACULTY OF SCIENCES  
AGADIR



HYDRAULIC BASIN AGENCY  
OF SOUSS-MASSA-DRAA

ORGANIZES

THE 2<sup>ND</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE  
INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT  
AND CHALLENGES OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT



AGADIR

MARCH 24, 25 & 26 2010

# ABSTRACT VOLUME

WITH THE SUPPORT OF



AND THE SPONSORING OF



## COMITÉ D'HONNEUR/ HONOR COMMITTEE

- ◆ Madame la Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement
- ◆ Monsieur le Ministre de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur, de la Formation des Cadres et de la Recherche Scientifique
- ◆ Monsieur le Secrétaire d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement
- ◆ Monsieur le Président de la Région du Souss-Massa-Draa
- ◆ Monsieur le Président de la Communauté Urbaine d'Agadir
- ◆ Monsieur le Président de l'Université Ibn Zohr d'Agadir
- ◆ Madame la Spécialiste du Programme UNESCO International Hydrological Programme (IHP)
- ◆ Monsieur le Président de l'Association Internationale des Hydrogéologues (AIH)
- ◆ Monsieur le Directeur de l'Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa-Draa
- ◆ Monsieur le Directeur Général de l'Office National de l'Eau Potable
- ◆ Monsieur le Directeur de l'Office Régional de la Mise en Valeur Agricole du Souss-Massa
- ◆ Monsieur le Directeur du Centre National pour la Recherche Scientifique et Technique

## COMITÉ D'ORGANISATION/ ORGANIZING COMMITTEE

- ◆ Aboufirass M. (Comité Marocain AIH), Vice président AIH-MENA Marrakech, Maroc.
- ◆ Ait Lhaj A. Institut National de la recherche Agronomique (INRA), Agadir, Maroc.
- ◆ Amraoui F. (Comité Marocain AIH), Univ. Hassan II. Fac. des Sciences de Casablanca, Maroc.
- ◆ Aoutem M. Univ. Ibn Zohr, Fac. des Sciences d'Agadir, Maroc.
- ◆ Aslikh A. (Agence du Bassin Hydraulique Souss-Massa-Draa), Agadir, Maroc.
- ◆ Benomar A. (Agence du Bassin Hydraulique Souss-Massa-Draa), Agadir, Maroc.
- ◆ Bouchaou L. (Comité Marocain AIH) Univ. Ibn Zohr. Fac. des Sciences d'Agadir, Maroc.
- ◆ Boutaleb S. (Comité Marocain AIH) Univ. Ibn Zohr. Fac. des Sciences d'Agadir, Maroc.
- ◆ Chehbouni A. G. (Institut de Recherche pour le Développement), France.
- ◆ El Achheb A. (Comité Marocain AIH), Univ. Chouaib Doukkali. Fac. des Sciences d'El Jadida, Maroc.
- ◆ El Mansouri B. (Comité Marocain AIH), Univ. Ibn Tofail. Fac. des Sciences de Kenitra, Maroc.
- ◆ Elfasskaoui M. (Agence du Bassin Hydraulique Souss-Massa-Draa), Agadir, Maroc.
- ◆ Guillaume H. (Institut de Recherche pour le Développement), France.
- ◆ Hanich L. (Comité Marocain AIH), Univ. Cadi Ayyad. Fac. des Sciences et Techniques, Marrakech, Maroc.
- ◆ Hsissou Y. (Comité Marocain AIH), Univ. Ibn Zohr. Fac. des Sciences d'Agadir, Maroc.
- ◆ Khalil N. (Comité Marocain AIH), Univ. Cadi Ayyad. Fac. des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc.
- ◆ Laftouhi N. (Comité Marocain AIH), Univ. Cadi Ayyad. Fac. des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc.
- ◆ Moukrim A. Univ. Ibn Zohr, Fac. des Sciences d'Agadir, Maroc.
- ◆ Sinan M. (Comité Marocain AIH), Ecole Hassania des Travaux Publics Casablanca, Maroc.
- ◆ Tagma T. Univ. Ibn Zohr, Fac. des Sciences d'Agadir, Maroc.

## COMITÉ SCIENTIFIQUE/ SCIENTIFIC COMMITTEE

- |                             |                              |
|-----------------------------|------------------------------|
| ◆ Aureli A. (France)        | ◆ Mahé G. (France)           |
| ◆ Azzam R. (Germany)        | ◆ Michelot J.L. (France)     |
| ◆ Andreo-Navaro. B. (Spain) | ◆ Monteiro J.P. (Portugal)   |
| ◆ Benaabidate L. (Morocco)  | ◆ Mudry J. (France)          |
| ◆ Benavente H. J. (Spain)   | ◆ Newman B. (United Kingdom) |
| ◆ Chehbouni A.G. (France)   | ◆ Pulido Bosch A. (Spain)    |
| ◆ Chtaini A. (Morocco)      | ◆ Razack M. (France)         |
| ◆ Dadi S. (Morocco)         | ◆ Saad Z. (Libanon)          |
| ◆ Djabri L. (Algeria)       | ◆ Stournaras G. (Greece)     |
| ◆ Drogue M. (France)        | ◆ Taylor R. (United Kingdom) |
| ◆ El Amrani N. (Morocco)    | ◆ Tianhuanaco C. (Uganda)    |
| ◆ Fryar A.E. (USA)          | ◆ Travi Y. (France)          |
| ◆ Gaye Ch.B. (Senegal)      | ◆ Vanclooster M. (Belgium)   |
| ◆ Hubert P. (France)        | ◆ Zouari K. (Tunisia)        |
| ◆ Larocque M. (Canada)      | ◆ Zuppi G.M. (Italy)         |

## THEMES

### Topic 1: Tools and technologies applied to the Integrated Management of Water Resources

- ◆ Geographical and Hydrogeological Information Systems (GIS and HIS)
- ◆ Remote sensing and water resources management
- ◆ Mathematical simulation approach of water, solutes and pollutants transport
- ◆ Telemetry, water resources management and risk management related to water
- ◆ Geophysics exploratory methods (seismic and electric, TDR, etc.) for a better water resources management
- ◆ Quantification of water resources and optimisation of measurements network (rain, evapotranspiration, piezometry, recharge, drainage, quantity, quality,...)
- ◆ Evaluation of evapotranspiration and recycling water processes towards the atmosphere
- ◆ Isotopical and hydrochemical techniques
- ◆ Techniques and technologies for water economy (irrigation, domestic and industrial supply)
- ◆ Technologies of Waste water treatment and reuse

### Topic 2: Impact of climatic changes, new installations and socio-economic development on water resources

- ◆ Climatic changes: causes and consequences on groundwater resources
- ◆ Desertification and environmental impacts
- ◆ Water and soil salinization
- ◆ Erodability of watersheds and eutrophication of water reservoirs
- ◆ Major risks and water resources
- ◆ Global changes: what technology and institutional frameworks

### Topic 3: Integrated water resources management: quantitative and qualitative aspects

- ◆ Water resources management at the basin scale
- ◆ Hydrogeology of coastal and wetland zones
- ◆ Pollution and vulnerability of water resources
- ◆ Joint use of surface water, groundwater and non-conventional water resources in drinking water supply, agriculture, industry
- ◆ Desalination and water re-use as alternative?
- ◆ Artificial recharge of the aquifers
- ◆ Trans-regional transfer of water and conflicts (Mediterranean area and Africa)
- ◆ Participative policy of private sectors in water management
- ◆ Water economy, security, institutional and socio-economic aspects

## **Welcome Message of the President of MC-IAH**

Dear Colleagues,

On behalf of the Moroccan Committee of the International Association of Hydrogeologists (MC-IAH), we warmly welcome your participation in the 2<sup>nd</sup> International GIRE3D Conference held in Agadir from 24 to 26 March 2010.

The IAH meetings have been a major forum for the members and provided many opportunities for researchers, experts and decision-makers to exchange their ideas and knowledge on diversified water resources issues. We, in MC-IAH, are committed to ensuring the conference in Agadir continues this tradition and is a fruitful experience for all the participants.

We believe that the core of science in the 21<sup>st</sup> Century will be science which integrates all phenomena and their evolutionary processes. Water is an omnipresent matter with peculiar physical, chemical and biological characteristics. Water, especially groundwater, deserves integral studies by peering and mass collaboration for future global action.

The main theme of the GIRE3D Congress is “Integrated Water Resources Management and Challenges of the Sustainable Development”. This meeting will contribute to reinforce the partnership and exchange of knowledge in the field of integrated water resources management, facing the problems of sustainable development. This conference will therefore concern all the people and institutions involved in this vital field: Universities, decision-makers, planners, laboratories, contracting authorities, contractors, research departments, design offices.

The conference will focus on the fundamental and last research findings related to water resources management and their role in the socio-economic development. Post congress excursions will give the participants ideas about water resources in Morocco.

The Moroccan Hydraulic department is well-known to be very active in water environment planning and management. We regard Agadir is the most suitable place to convene the Congress on theme of integration and understanding.

We heartily welcome colleagues from all over the world to present their scientific results, to express their views, and to discuss future global action for the benefit of human well-being on the base of water resources science. The time is ready for this debate.

Lhoussaine Bouchaou  
President of the Moroccan Committee of IAH

## THE DESALINATION OF WATER IN NORTH AFRICA: A SOLUTION INEVITABLE?

**Ahmed Kettab**

International Consultant-Expert

Member of the world Water council, Member of French Water Academy

Vice president of Mediterranean network of Schools and universities of engineers - RMEI

Member of Mediterranean Water Institute (IME), Founder member of the Arab Water Council

Coordinator of a Mediterranean group on Water – RMEI - France

Director Laboratory Research Sciences of Water - LRS-EAU/ENP

Professor-Director of Research Polytechnic National School - Algiers

Web: [www.watmed4.org](http://www.watmed4.org), Email: [kettab@yahoo.fr](mailto:kettab@yahoo.fr)

North Africa has almost 100 million inhabitants and is located in a semi aride suffering now more than ever the problem of insufficient water resources. It is also characterized by irregular rainfall and heterogeneous distribution.

Given the gravity of the problems of silting of dams, unsustainable exploitation and pollution: the quantity of water effectively mobilized is much smaller. For all that North Africa is currently ranked among the world countries that suffer from lack of water, and if there will be no real and effective steps, the situation is getting worse at the 2025.

Alternative water desalination is the solution: the 5 countries have several thousands of km of coastline on the Mediterranean Sea and Atlantic. Desalination techniques that were adopted are very diverse: almost all the processes and membrane distillation.

The drought that affected the countries of North Africa, has prompted governments to make a reflection, and the example of Algeria, for example, which drew a large desalination program (feasibility study, selection of sites, plant construction) with the participation of Ministry of water resources and the industrial sector (of the Algerian Energy) and already by 2009 will produce more than 02 million cubic meters per day

A series of recommendations will be presented to solve the problem of water crisis and sustainable development and the Algerian experience in the field of water desalination will be exposed.

**Keywords:** desalination, Algeria, reverse osmosis, strategy, vision

## ORIGINE DE LA SALINITÉ DANS LES EAUX SOUTERRAINES : VERS UNE TYPOLOGIE ÉLARGIE

**Jean-Luc Michelot**

UMR « IDES », CNRS – Université Paris-Sud, Orsay, France

Email: [jean-luc.michelot@u-psud.fr](mailto:jean-luc.michelot@u-psud.fr)

De nombreuses études hydrogéochimiques récentes sur les aquifères côtiers confirment que les eaux souterraines y accusent des salinités de plus en plus élevées. L'intrusion de l'eau de mer, liée à une exploitation intensive de ces aquifères, est souvent impliquée dans la salinisation des eaux souterraines côtières. Cependant, dans certains cas, ces études mettent également en évidence la contribution importante d'autres phénomènes, en particulier la dissolution d'évaporites et le retour à l'aquifère d'eau d'irrigation concentrée en surface par évaporation.

Les méthodes de traçage naturel permettent de faire la part de ces différentes contributions, par la comparaison des comportements de différents traceurs élémentaires et isotopiques.

Elles permettent également d'identifier localement d'autres sources de salinité, parfois négligées alors qu'elles peuvent être particulièrement significatives. Différents exemples sont présentés : celui de la remobilisation d'eau marine piégée lors d'intrusions marines anciennes ou encore celui d'aquifères fracturés de socle dont la forte teneur en chlorure des eaux est directement liée à celle, surprenante dans un tel contexte, de la roche.

Compte tenu des enjeux au plan de la gestion de la qualité des eaux souterraines, un effort méthodologique, semble pertinent pour améliorer la typologie et la caractérisation des sources de salinité, ainsi que la quantification de leurs contributions respectives dans les cas complexes où plusieurs d'entre elles interviennent.

### **INTÉGRATION DES LIMITES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DES RESSOURCES EN EAU VIS-À-VIS DES IMPACTS SOCIO-ÉCONOMIQUES DE LA POLLUTION, DE LA QUALITÉ DES EAUX, DE LA SANTÉ PUBLIQUE ET DES PARAMÈTRES ÉCOLOGIQUES**

**Mania Jacky**

Professeur émérite de Polytech'Lille (USTL)

Expert du Comité Spécialisé Eaux de l'AFSSA, Expert auprès de l'Autorité de Sureté Nucléaire

Email: [jackymaniamania@aol.com](mailto:jackymaniamania@aol.com)

La pression actuelle sur les ressources en eau dans les pays méditerranéens (le Plan Bleu, 2000 et 2007) montre la position critique de la Bande de Gaza (GS) située, en niveau, entre la Libye et Malte. On constate un déficit important du bilan hydrique (le CAMP, 2000 et PWA, 2000) et la dégradation de la qualité de l'eau pour des éléments comme le nitrate et le chlorure (Mania et Jalalal, 2007). Un nouveau modèle d'intégration de la gestion de l'eau (CWIMSAM) est appliqué pour la GS (Jalalal, 2005). En effet le problème réel des régions arides est souvent le manque d'une politique réglementaire intégrée de l'eau (Sharma, 1998). Pour l'instant, la science n'a pas avancé de schéma complet compréhensible pour fournir des règles d'une manière intégrée (Kamp et al., 2003). Plus de recherche doit être faite pour s'assurer que la réglementation des ressources en eau est fondée sur une science concrète (Bouwer, 2000). Le temps est venu pour les scientifiques impliqués dans la gestion de la rareté de l'eau de migrer vers des approches multidisciplinaires (Appelgren et Klohn, 1999). On établit ici les différents rapports des paramètres de prévision pour les utiliser comme instrument d'aide à la décision et on montre comment le concept « CWIMSAM » intègre socio-économiquement les pressions de la pollution, la qualité de l'eau, la santé publique, les impacts écologiques et les réponses institutionnelles.

**Mots-clés** : analyse de données, gestion de l'eau, ressources en eau, politique de l'eau, outils de décision, méthodologie de recherche, limites durables, modèle RNA (réseaux des neurones artificiels)

### **GW-MATE'S 10 YEAR EXPERIENCE... LESSONS USEFUL FOR THE MENA REGION**

**Héctor Garduño**

GW-MATE International Consultant on Water Resources Planning and Institutions, USA

Email: [hector.garduno@live.com.mx](mailto:hector.garduno@live.com.mx)

## MODÉLISATION DES ÉCOULEMENTS SOUTERRAINS DE L'AQUIFÈRE DE TIZNIT

**Aarab M.<sup>1</sup> et Bouchaou L.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-Environnement (LAGAGE),

Faculté des Sciences d'Agadir, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

Email: [Aarab\\_6@hotmail.com](mailto:Aarab_6@hotmail.com)

L'aquifère de Tiznit, appartenant au bassin hydraulique du Souss Massa représente une ressource en eau primordiale pour la région. De nombreux ouvrages d'exploitations ont été réalisés pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable. En raison de la vulnérabilité de cet aquifère, une connaissance approfondie du milieu s'avère nécessaire pour évaluer et protéger les ressources. C'est dans ce cadre que s'inscrit la modélisation de l'aquifère du Tiznit. Dans cette étude, nous nous sommes intéressés au logiciel GMS qui permet l'exécution des simulations de l'écoulement souterrain.

L'objectif de ce travail consiste à réaliser une synthèse critique et une base des données disponibles pour estimer les propriétés du milieu et élaborer un modèle numérique du système aquifère en y intégrant les données disponibles.

La modélisation hydrodynamique de l'aquifère du Tiznit a permis de visualiser les variations spatiales et temporelles de l'écoulement dans cet aquifère. Un calage satisfaisant du modèle en régime permanent a été obtenu et a permis de déterminer les champs de conductivité hydraulique et le bilan hydrique du système aquifère de Tiznit.

**Mots-clés :** modélisation hydrogéologique, GMS, ressources en eau, gestion, Aquifère de Tiznit.

## SIMULATION NUMÉRIQUE DES NAPPES SOUTERRAINES DE LA PLAINE DE FÈS- MÉKNES

**Abbassat Redouane<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences et Techniques, Fès, Maroc.

Email: [abbassatredouane12@yahoo.fr](mailto:abbassatredouane12@yahoo.fr)

L'objectif du présent travail est la simulation numérique des nappes souterraines de la plaine de Fès-Meknès. Pour cela nous avons utilisé le logiciel de simulation MODFLOW3.1 permet donc de résoudre un système couplé formé d'une équation elliptique et d'une équation parabolique de type diffusion-convection-réaction.

Nous avons étudié ici le scénario des charges piézométriques du modèle en régime permanent et en régime transitoire.

Le régime permanent nous a permis de vérifier les différents paramètres hydrogéologiques à l'aide de la carte piézométrique réalisée par J.Margat en 1960. Le modèle sera ensuite exécuté en régime transitoire pour simuler un scénario prévisionnel. Ce test consiste à simuler la réactivité du modèle face à des conditions d'alimentation et de prélèvement données.

**Mots-clés:** milieu poreux, loi de Darcy, nappe souterraine, MODFLOW3.1, charge piézométrique.

## **BIOFILM EFFLUENT POLISHING FOR REMOVAL OF METALS AND RECALCITRANT ORGANICS**

**Abd.rahman Rakmi<sup>1</sup>, Abu Bakar Mohamad<sup>1</sup> and Amir Hassan Khadum<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>University Kebangsaan Malaysia, Bangi, 43650, MALAYSIA

Email: [rakmi@eng.ukm.my](mailto:rakmi@eng.ukm.my)

With increasing pollution of rivers by trace industrial and household chemicals and pharmaceuticals, and greater demands for water, the difference between effluent polishing and water treatment is diminishing. Biofilm reactors are increasingly used to treat industrial effluents with difficult components, this type of process has been applied to wastewaters containing various types of pollutants, such as those containing chlorinated organics. These have not been effectively removed by conventional activated sludge types of processes. Biofilm reactors have biomass active even at very low concentrations of the target organics, rendering the reactor more efficient for removing trace toxic compounds in water and wastewaters. Having high biomass concentrations, biofilm processes have also been found to be less sensitive to the presence of toxic and inhibitory materials, and more resistant to shock loadings than dispersed growth systems. With increasing knowledge of health effects of trace pollutants, a more effective yet affordable water treatment system than the conventional system has to be investigated. The conventional water treatment system of coagulation, settling and filtration, removes mainly suspended solids; trace and recalcitrant organics would just pass through the system. Stricter drinking water limits, such as the new EU Drinking Water Directive (EU DWD), has helped to establish the use of biofilm processes in water treatment, such as in northern Italy. Results of on-going research on use of biofilm processes for water treatment and effluent polishing are reported here. These use biofilm columns for river water treatment and rainwater polishing, and for removal of recalcitrant chloroorganics and heavy metals. In all these studies the biofilm columns have been found very effective for treatment of river water, and wastewaters, for removal of chloroorganics and heavy metals. Mechanism studies showed that removal of the chloroorganics was by adsorption followed by biodegradation, with biodegradation occurring via reductive dechlorination that was possible in the anoxic bottom layers of the biofilms.

## **GROUNDWATER QUALITY OF COASTAL AREA OF TRIPOLI AND SOUTHWEST SAHARA PART OF LIBYA**

**Abdalla R.<sup>1</sup>, Rinder T.<sup>1</sup>, Dietzel M.<sup>1</sup> and Leis A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Graz University of Technology, Institute of Applied Geosciences, Graz, Austria

<sup>2</sup>Joanneum Research Center, Institute of Water Resources Management, Graz, Austria

Email: [abdalla@sbox.tugraz.at](mailto:abdalla@sbox.tugraz.at)

The Great Libyan Arab Jamahiriya is located in North Africa, and covers a surface area of about 1.7 million square kilometres. The Groundwater is the main source of freshwater in Libya, providing a vital supplement to surface water sources. Groundwater availability and quality are however, vulnerable both to climate change and over-abstraction. In Libyan cities where the water table has lowered there has been a consequent impact on agricultural activities. Groundwater aquifers are either renewable or non-renewable. The renewable aquifers are those located in the north coastal strip and fall under high precipitation rates.

The large non-renewable sedimentary groundwater basins cover extensive areas in the central and southern parts of Libya and contribute large quantities of fresh water for local use, industrial and agricultural development.



Ground-water-quality samples were collected from about 50 shallow and deep monitoring wells located in agricultural areas of the south Coastal plain of Tripoli and about 700 km south of Tripoli in the Sahara region (Great Man Made River Project, Phase II) during the last three years.

Seawater intrusion is a problem in the coastal areas of Libya. Most productive agricultural fields are in the northern coastal areas of the country where irrigation predominantly relies on groundwater. Seawater intrusion has affected agricultural productivity and vegetations. Seawater has moved inland as a result of heavy exploitation of the Miocene-Quaternary aquifer in order to meet the increasing water demand.

Hydrochemistry of groundwater in the Coastal Area of Tripoli was used to assess and evaluate the quality of groundwater for determining its suitability for drinking and agricultural purposes. Physical and chemical parameters of groundwater such as electrical conductivity, pH, temperature, total dissolved solids (TDS),  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{SiO}_2$  were determined. The analyzed groundwater samples show very high concentrations of main ions. The molar ratio values of different elements indicate additional support of seawater intrusion.

According to Piper diagram analysis, groundwater of the study area is dominated by Na-Ca-Cl, Na-Mg-Cl, Na-Ca-Cl- $\text{SO}_4$ , Na-Ca-Cl- $\text{SO}_4$ - $\text{HCO}_3$  and Na-Mg-Ca- $\text{SO}_4$ -Cl- $\text{HCO}_3$  types with moderate to high salinity. The chemical analysis of deep groundwater wells in Sahara region points out very high concentrations of Sulphate, nitrate, chloride, sodium, calcium and magnesium.

The isotopic composition of coastal area groundwater lies over Global Meteoric Water Line, defined by Craig (1961). The  $\delta\text{D}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  contents of groundwater closely reflect the isotopic composition of precipitation.

Isotopically, most of the collected deep groundwater samples fall below the Global Meteoric Water Line (GMWL) and far away from the Mediterranean Meteoric Water Line (MMWL).

The trend between  $\delta\text{D}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  shows paleowater regression with recharge in different climate than recent.

**Keywords:** Libyan Arab Jamahiriya; Groundwater; aquifer; Sahara; Great Man Made River Project; Tripoli; Hydrochemistry; Paleowater; Stable isotopes; Nitrate; GMWL; Seawater intrusion.

## MODELING WATER-HARVESTING SYSTEMS IN A SEMI ARID CATCHMENT (MERGUPELLIL-TUNISIA)

Abouabdillah A.<sup>1,2</sup>, De Girolamo A.M.<sup>1</sup>, Oueslati O.<sup>1,3</sup>, and Lo Porto A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Water Research Institute (IRSA), National Research Council (CNR), Viale F. De Blasio 5, 70123 Bari, Italy

<sup>2</sup>Tuscia University, Via S. Camillo De Lellis - 01100 Viterbo, Italy

<sup>3</sup>Basilicata University, Via Nazario Sauro, 85, 85100 Potenza, Italy

Email: [aziz.abouabdillah@ba.irsa.cnr.it](mailto:aziz.abouabdillah@ba.irsa.cnr.it)

In the Mediterranean climatic zone, also labeled as semi-arid area, hydrological processes are largely variable both in time and space due to the high variability of rainfall regime, the influence of topography and the spatial distribution of geology, soil and land use. These processes may also have changed due to a range of human activities such as land use changes, dams building, soil and water conservations works. The Merguellil catchment (Central Tunisia) is a typical Mediterranean semi-arid basin which suffers regular water shortage aggravated by current drought. During the recent decades the continuous construction of small and large dams and Soil and water Conservation Works (SWCW) (ie. benches terraces) has taken place within the watershed. Little is known, however, about the effect of these water harvesting systems on the water balance components of arid watersheds.

The work presented here attempts to simulate the actual water and nutrient balance using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT-2005) model including the water harvesting systems. The benches

terraces were considered in this study as potholes that fill with water, and increase the percolation in to the aquifer.

The simulation results revealed that evapotranspiration is the major component of the hydrological balance. Hydrological Calibration (1992-1994) and validation (1996-1998) have been carried out referring to daily flow data at the Hafouz and Skhira flowgages. The model performance was satisfactory and the Nash-Sutcliffe coefficient ranges from 0.6 to 0.8.

Two alternatives scenarios were further generated in order to improve the availability of water in terms of quantity and quality. The first scenario consists to increase the water use efficiency by planting olive trees in the potholes. While the second scenario consists in the reduction of the applied fertilizers.

**Keywords:** Modeling, Potholes, SWAT, semi.arid, watershed.

## ESTIMATION DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION AU NIVEAU DE LA PLAINE DU HAOUZ AU MAROC PAR UTILISATION D'UNE SÉRIE D'IMAGES DE MOYENNE RÉOLUTION 2000-2009

**Abourida A.<sup>1</sup>, Le Page M.<sup>2</sup>, Simonneaux V.<sup>2</sup>, Kharrou H.<sup>3</sup>, Berjami B.<sup>4</sup> et Chehbouni A. G.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Université Cadi Ayyad /Institut de Recherche pour le Développement, Marrakech, Maroc

<sup>2</sup>CESBIO- Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Toulouse, France

<sup>3</sup>ORMVAH Office régional de mise en valeur agricole du Haouz, Marrakech, Maroc

<sup>4</sup>ABHT Agence de bassin hydrologique du Tensift, Marrakech, Maroc

Email: [abaahd@yahoo.fr](mailto:abaahd@yahoo.fr)

Située dans un contexte semi-aride la plaine du Haouz au Maroc est confrontée à une réduction importante des ressources en eau et une pression accrue du secteur agricole irrigué aussi bien par les eaux de surface que souterraines. Dans la perspective d'améliorer les performances hydriques des périmètres irrigués, une meilleure connaissance spatio-temporelle des besoins en eau des cultures devient primordiale, l'objectif étant d'irriguer sans excès mais sans causer un stress aux cultures.

Satellite monitoring of irrigation (SAMIR) est un logiciel de spatialisation de l'évapotranspiration (ET) et du bilan hydrique des cultures irriguées sur de grandes surfaces, basé sur l'utilisation d'images satellitaires. Cette source d'information fournit une vision synoptique et périodique de la localisation et du développement des cultures, donnée critique pour une estimation fiable de l'ET. Cette dernière est calculée au moyen de la méthode FAO, bien adaptée au calcul sur de grandes surfaces où l'information disponible sur le sol et les cultures est limitée.

Ici, nous nous focaliserons sur l'utilisation d'imagerie satellitaire de moyenne résolution (Modis, 250m) sur une période longue (9 ans). En effet, bien que facilement disponible, l'utilisation de Modis pose le problème de la mixité du pixel.

Dans un premier temps, nous allons calibrer les paramètres de discrimination de l'occupation du sol en fonction de vérités terrain collectées en 2003 et 2004. Nous obtenons ainsi une validation locale puis une validation globale en comparant la classification basse résolution avec celle obtenue sur une série temporelle haute résolution (Landsat).

Ensuite, nous calculons l'ET par la méthode 'FAO single crop', que nous comparerons avec les mesures réalisées sur des cultures de blé, oranger et olivier entre 2003 et 2008 par scintillométrie et eddy-correlation.

**Mots-clés :** Evapotranspiration, Irrigation, Télédétection, Modis.

## SPATIALISATION ET MODÉLISATION DES PRÉCIPITATIONS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MINA, ALGÉRIE

**Achite Mohamed<sup>1</sup> et Touabia Bénina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Eau-Environnement, Université Hassiba ben Bouali (Chlef)

<sup>2</sup>Laboratoire d'Hydrologie. Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique (E.N.S.H). B.P 31. Blida (09000)

Email: [achite\\_meddz@yahoo.fr](mailto:achite_meddz@yahoo.fr), [touaibia@yahoo.fr](mailto:touaibia@yahoo.fr)

L'estimation de la ressource hydrique superficielle reste une problématique pour les cours d'eau méditerranéens dont l'écoulement est généré par des précipitations dont la répartition spatio-temporelle est très irrégulière. L'évaluation et la modélisation des ressources en eau du bassin versant de l'oued Mina (4900 Km<sup>2</sup>) s'inscrit dans la problématique du changement climatique qui aurait pu intervenir au cours des dernières décennies dans la région. L'identification des régions ayant des caractéristiques pluviométriques homogènes et la variabilité temporelle représentent l'objectif principal de cette étude. L'application de l'analyse en composante principale (ACP), sur 16 stations pluviométriques pour une période d'observation de 37 ans (1970/71-2006/07) montre que la première composante principale [C1] explique plus de 68% de l'information de comportement de la pluie moyenne annuelle sur l'ensemble du bassin.

L'analyse globale du graphique des projections des observations sur la première composante principale [C1] met en évidence deux périodes excédentaires allant respectivement de 1970 -1980, puis une période déficitaire allant de 1980 jusqu'à présent, à l'exception de quelques années exceptionnelles.

L'analyse de cercle de corrélation laisse apparaître trois groupes distincts de stations pluviométriques. Le premier (sud du bassin) est constitué par quatre stations; le second (centre du bassin) de trois stations. Le troisième groupe (nord du bassin) est formé de neuf stations. La lame d'eau moyenne précipitée dans la partie sud est de 290 mm. Celle du centre est d'environ 317 mm. La partie nord reçoit une pluie moyenne de 331 mm.

A l'issue de ce travail, nous pouvons confirmer qu'il est possible de considérer le relief (altitude) dans l'estimation des précipitations. Du fait, qu'il existe une relation étroite entre la pluviométrie moyenne annuelle et l'altitude.

**Mots-clés** : Modélisation, spatialisation, A.C.P, Composante principale, Bassin versant, Algérie.

## SALINISATION OF GROUNDWATER IN THE LAGOS COASTAL AQUIFERS OF NIGERIA

**Adebo B. A.<sup>1</sup> and Adetoyinbo A. A.<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Lead City University, Ibadan, Nigeria

<sup>2</sup>University of Ibadan, Ibadan, Nigeria

Email: [festy\\_debo@yahoo.com](mailto:festy_debo@yahoo.com)

Thirty water samples were collected from hand dug wells in Six different locations in the study areas. These include: Ikeja, Lagos Island, Ajah, Victoria Island, Eti- Osa and Yaba. The chloride concentrations of all the samples were acquired and then compared with the World Health Organisation (WHO) standards for chloride content in drinking water.

We selected hand dug well because it is a common source of drinking water in the area under consideration.

Results show that the the average chloride concentrations in all the samples collected in all the six locations are above the WHO value of 250mg/l (value recommended for safe drinking water) with Ajah having the highest Chloride concentration of 606.68mg/l and Ikeja with the least value of 255.37mg/l. This indicates that the water in the considered areas are not safe for drinking.

Chloride concentration in the Lagos coastal aquifer may become equal to that at the source at some infinitesimal time and this portends a great danger to the the use of groundwater for domestic purposes.

**Keywords:** Salinity, Chloride concentration, Coastal aquifers, Water samples, Intrusion.

## **POUR UNE MEILLEURE GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU : NÉCESSITÉ DES INSTRUMENTS ÉCONOMIQUES ET FINANCIERS**

**Adessou K. Sena<sup>1</sup> et Sodahlon D. Kofi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>BP: 80586, Lomé, 78, rue Sorbonne Tokoin Solidarité, Lomé –Togo

Email: [adessousena@yahoo.fr](mailto:adessousena@yahoo.fr), [sodahlon@yahoo.fr](mailto:sodahlon@yahoo.fr)

Il est reconnu que l'eau est une ressource essentielle pour la vie et le développement. Ce 21ème siècle est caractérisé par des défis énormes compromettant un meilleur accès aux services durables d'eau, d'hygiène et d'assainissement à de milliards de personnes selon les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMDs). Nul ne doute alors de la nécessité d'améliorer l'efficacité de la gestion du secteur de l'eau ; ainsi que des conséquences positives directes qu'une meilleure gestion des ressources en eau et un meilleur accès aux services sanitaires apportent en terme de développement des pays. Le processus de promotion de la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE), lancé depuis le sommet de Rio et relayé actuellement dans les pays d'Afrique rentre dans cette vision.

Dans ce contexte, les instruments économiques constituent des outils de gestion et d'investissement qui doivent permettre d'assurer à plusieurs personnes un accès juste et durable à l'eau, à l'hygiène sans oublier la protection des écosystèmes. Ces instruments permettent de fournir des incitations à l'augmentation ou à la diminution de l'utilisation de l'eau, d'apporter plus de capitaux propres, de recouvrer des coûts, de soutenir des réformes tout en accompagnant la mise en oeuvre des plans GIRE, etc.

Dans un environnement où les pauvres n'ont pas accès à l'eau et à l'hygiène, mais paient généralement plus cher l'eau et souvent de l'eau insalubre, les instruments économiques doivent être explorés, analysés, perfectionnés pour être appliqués efficacement au niveau local. De toute évidence, ces instruments joueraient un rôle important.

Notre communication a pour objectifs de :

- Montrer l'importance des instruments économiques et financiers dans le cadre de la gestion durable des ressources en eau en général et la GIRE en particulier ; et
- Inviter les décideurs à l'application de ces instruments dans la gouvernance publique

A travers cette communication, les participants cerneront l'utilité de ces instruments pour le développement.

**Mots-clés :** Instruments économiques et financiers, GIRE, santé, hygiène et environnement

## **GEOSTATISTICAL INTERPOLATION OF MONTHLY RAINFALL IN KASHAFROOD BASIN**

**Afzali Ali<sup>1</sup> and Vafakhah Mahdi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Watershed Management Engineering, College of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modarres University, Noor, Iran.

Email: [vafakhah@modares.ac.ir](mailto:vafakhah@modares.ac.ir)

The spatial distribution of climatological variables such as rainfall is needed whenever hydrological modeling is undertaken at the watershed scale and maps rainfall have a wide range of applications and many different interpolation procedures have been used to derive maps from data

collected as part of monitoring networks. The data set consists of monthly rainfall data from Thirty years of monthly data of 14 rain gauges in the Kashafrud drainage basin in north-east Iran. At first normality and homogeneity of data are examined. Then variographic analysis using five techniques including: Thiessen polygons, kriging, co-kriging, weighted moving average (WMA) and thin plate smoothing splines (TPSS) were applied for predicting monthly rainfall. Finally comparison of the results using statistical techniques showed that kriging method has the highest accuracy and provides more accentuate results.

**Keywords:** Monthly Rainfall, Interpolation, Geostatistic Analysis, Kashafrud Drainage Basin, Iran.

## **ECO-FRIENDLY CHECK DAMS BOOST IRRIGATION AND AGRICULTURE IN INDIA'S DRYLANDS**

**Agoramoorthy Govindasamy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Tata Chair, Sadguru Water & Development Foundation, India & Tajen University, PO Box 58-157, Kaohsiung, Taiwan

Email: [profagoramoorthy@yahoo.com](mailto:profagoramoorthy@yahoo.com)

Prior to 1900, only 40 reservoirs had been built with storage volume greater than 25 billion gallons. However, today some 3,000 reservoirs large enough to flood 120 million acres of land, and hold over 1,500 cubic miles of water. Global water use has tripled since the 1950s and policy makers and politicians have met this increasing demand by building larger dams. Can mega dams solve chronic water shortages, poverty and future food security? What about building numerous smaller check dams in rivers? Can they enhance sustainable rural development? During the last three decades, a small non-profit agency named 'Sadguru Water and Development Foundation' has assisted several villages in the semi-arid regions of Gujarat, Rajasthan and Madhya Pradesh States of western India to build cost-effective check dams in rivers to harvest rain water. Water saved through the check dams transformed the infertile drylands into productive agricultural lands in a short period of time, which ultimately sustained local ecology and alleviated poverty among rural tribal communities. This paper presents quantitative data on check dam and its benefits to people and environment in rural areas of India. The model presented in this paper has remarkable potential to be replicated in other water-scarce regions, especially in developing countries of Africa, Asia and South America.

## **ORIGINE DE LA SALINITÉ DES EAUX SUPERFICIELLES ET PROFONDES DANS LA RÉGION DE MARRAKECH : APPROCHE HYDROCHIMIQUE ET ISOTOPIQUE**

**Ait Lemkademe A.<sup>1</sup>, Michelot J-L.<sup>1</sup>, Benkaddour A.<sup>2</sup>, Hanich L.<sup>2</sup> et Maliki A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire IDES, CNRS - Université Paris-Sud, Orsay

<sup>2</sup>Laboratoire des Géoressources, Faculté des Sciences et Technique de Marrakech

<sup>3</sup>Service Hydrogéologie et Environnement, Managem, Casablanca

Email: [anasse.ait-lemkademe@u-psud.fr](mailto:anasse.ait-lemkademe@u-psud.fr)

Dans la région de Marrakech (Maroc), une salinité importante a été mesurée dans l'eau de certains puits, destinée à la consommation humaine et à l'irrigation. En outre, l'installation d'une mine dans un gisement de sulfures polymétalliques (Draa Sfar) a mis en évidence des venues d'eaux profondes très salées : la salinité dépasse en certains points 80 g/l.

Les études hydrochimiques et isotopiques montrent des modes de minéralisation et des mélanges spécifiques à différentes familles d'eau souterraine. Cette compartimentation géochimique et isotopique s'accompagne d'une compartimentation hydrogéologique des schistes de la zone d'étude.

Au nord, dans les Jbilet, le volume de la recharge, locale, est limité et les eaux se minéralisent essentiellement en dissolvant des minéraux (halite, gypse, calcite) présents dans la porosité ou la schistosité de la roche.

Dans la zone sud, la recharge, plus importante, provient essentiellement du Haut Atlas. L'altération du socle conduit probablement à la mobilisation plus ou moins prononcée d'une solution concentrée piégée dans la porosité des schistes.

Les eaux les moins salées de la mine correspondent à des eaux superficielles drainées par les travaux miniers. Dans les eaux les plus salées, les concentrations élevées résulteraient de contributions très significatives de la solution porale des schistes, qui peut correspondre aux reliquats des fluides hydrothermaux très salés à l'origine de la mise en place du gisement de sulfures. Ainsi, l'eau la plus minéralisée de la mine contiendrait environ 80% d'eau météorique superficielle, et 20% de saumure porale.

**Mots-clés** : hydrochimie, isotopes, mélanges, chlorure, mine, aquifère.

### **LES SIG ET MODÈLE DRASTIC POUR L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES DANS LA PLAINE DE BERRECHID, MAROC**

**Ait Sliman Abdelaziz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>HYDROLEADER SARL, 1 rue Moascar, Hassan, Rabat, Maroc

Email: [aziz.sliman@gmail.com](mailto:aziz.sliman@gmail.com)

Au cours des dernières années, la qualité des eaux souterraines s'est détériorée dans de nombreuses régions du Maroc à la suite de l'expansion de l'agriculture, l'élimination des déchets solides, et de l'industrialisation. Cette étude fait état de l'évaluation de la vulnérabilité de l'aquifère de Berrechid. L'étude de la vulnérabilité consiste à évaluer la sensibilité de la ressource à toute forme de polluant introduit à partir de la surface du sol en se basant sur les propriétés physiques du milieu. La méthode DRASTIC, moyennant un SIG a été appliquée afin d'évaluer la vulnérabilité. Les résultats obtenus montrent que la zone d'étude se présente en trois classes de vulnérabilité, les indices DRASTIC les plus élevés apparaissent au niveau des zones de faible profondeur de la nappe et au niveau des zones non protégées par les argiles quaternaires, soit dans les parties nord, nord-ouest et sud-est de la région étudiée, alors que les zones à plus faible vulnérabilité sont situées dans les secteurs où l'épaisseur d'argile est importante et la nappe est plus profonde.

Une analyse de sensibilité du model DRASTIC a été appliquée, dans l'objectif de déterminer le degré d'influence de chaque paramètre sur l'indice finale de vulnérabilité.

**Mots-clés** : SIG, DRASTIC, analyse de sensibilité, Vulnérabilité, Berrechid.

### **PETITS BARRAGES AU MAROC : OPTION POUR AMÉLIORER LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU ET S'ADAPTER AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

**Ait Lhaj Abderrahmane<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Agronomique (INRA)

B.P 124, Inezgane, Agadir, Maroc

Email: [aitlhaj@inra.org.ma](mailto:aitlhaj@inra.org.ma)

Dans différentes régions de l'Afrique où l'irrigation se pratique à grande échelle, les petits barrages sont considérés comme une solution de complément pour la grande hydraulique et comme des réserves à usages multiples. Dans les régions arides et semi-arides du Maroc, la précarité des ressources en eau et l'impact les changements climatiques sur leur quantité et leur qualité engendreront des répercussions sur la sécurité alimentaire et sur la santé humaine.

L'exploitation de petits barrages pour gérer les ressources en eau contribue certes à l'adaptation aux changements climatiques, mais elle n'est pas sans conséquences pour l'environnement. Plusieurs acteurs s'associent pour cerner les modes de gestion de petits barrages susceptibles d'améliorer la gestion des ressources en eau superficielles, la santé et le bien-être des collectivités rurales de même que leur capacité d'adaptation aux changements climatiques.

En vue d'initier un débat sur les petits barrages, une table ronde sera animée dans le cadre du 2<sup>ème</sup> Colloque International GIRE3D. La table ronde regroupe les différents intervenants (institutions, chercheurs, techniciens, ONG, décideurs...) pour discuter les questions suivantes:

- quel est le résultat de l'expérience marocaine (nationale/régionale) en matière de planification, réalisation et gestion des petits barrages sur le plan pratique et connaissance?
- quel rôle futur pour les petits barrages au Maroc dans la gestion intégrée des ressources en eau et dans l'adaptation à la sécheresse ? quel rôle pour les différents intervenants?
- quelle proposition d'orientations et de recommandations technique, institutionnelles, organisationnelles, politiques pour l'optimisation des petits barrages sur le plan de la planification, la réalisation, la gestion, l'usage et le suivi ?

Participants :

INRA : Ait Ihaj A., Wifaya A., Sedki M., Azim K., Mimouni A., El Ame F.

ABH-SMD : Aslikh A., El Himri H.

INH : Rhajaoui M., Oumzil H.

Université : Elmouden A., Nadim A.

Associations : Association Asgherkiss et Oulben Ait Baha, Association Ikraa Amskroud.

## MAPPING SOIL SALINIZATION USING GIS AND REMOTE SENSING

**Akramova Indira<sup>1</sup> and Kenjabaev Shavkat<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>IWMI, apt 121, house 6, Osiyo Street, 700000, Tashkent, Uzbekistan

Email: [indiragandi22@yahoo.com](mailto:indiragandi22@yahoo.com)

Expansion of the irrigated agriculture in the Aral Sea Basin during the Former Soviet Union resulted in rapid environmental changes. Significant areas of irrigated land are affected by salinity. The region faces enormous challenges in preventing, mitigating and reversing land degradation processes at present. In this context assessment of spatial and temporal dynamics of soil salinity in a timely and cost effective manner is one of the prime requirements for land and water management.

A practical methodology, using RS data and GIS tools, has been established for the assessment of soil salinity and its effect on crop production for the 'Galaba' water users association (WUA), Bayaut district, Syrdarya Province, Uzbekistan. Different vegetation indices have been calculated from 1998-2001 from Landsat ETM images for the peak in the growing seasons of main crops (cotton, wheat). Field measurements (2006) of soil electrical conductivity (EC) at 0-0.75cm and 0-150cm soil depths have been correlated with remote sensing indices through integration of all data into GIS.

Linear and polynomial regression analyses show a low correlation between multi-annual (1998-2001) maximum VI values and EM-38 point measurements at both soil depths. The variables averaged per field resulted in a better linear correlation ( $R^2=0.5152$  and  $0.6716$  for NDVI). Amongst other tested indices, NDVI and SAVI reflected the vegetation condition best. There is a very high correlation between NDVI and SAVI ( $R^2=0.9703$ ). There was made a decision to use NDVI. Correlation of NDVI with yield data for main crops, cotton and wheat, collected from the Agricultural department of Bayavut WUA gave satisfactory results ( $R^2=0.5729$  and  $0.6014$ ).

Based on the relationship between NDVI and field measured salinity values, rules were defined to classify the image into soil salinity gradations. Soil salinity map resulting from NDVI gave detailed information inside of the individual fields.

## FEFLOW HYDRODYNAMIC MODELING OF THE SANA'A BASIN

**Al Wathaf Yahia<sup>1</sup>, El Mansouri Bouabid<sup>1</sup> and Kacimi Ilyass<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Water Resources Technologies Lab. Faculty of Sciences, Ibn Tofail University, Kénitra, Morocco

<sup>2</sup>Earth Sciences Department, Faculty of Sciences, Mohamed V University, Rabat, Morocco

Email: [b\\_elmansouri@yahoo.fr](mailto:b_elmansouri@yahoo.fr)

Yemen is burdened with low human and economic development, serious environmental challenges, and a high degree of vulnerability to current climatic variability and future climate change. Yemen's major environmental problem is water scarcity, which is prone to exacerbation under climate change.

The Sana'a basin relies to a large extent on groundwater for both irrigation and the urban water supplies. The groundwater reservoir in this basin consists of three aquifers: Quaternary Alluvium, Tertiary Volcanics and Cretaceous Sandstone. Historically water supplies were obtained from dug wells and springs tapping the unconsolidated Quaternary deposits in the plain. Boreholes construction and the introduction of pumps began in 1960's and increased rapidly from the mid-1970. This enabled deeper aquifers to be exploited for irrigation and municipal supplies, the commendable groundwater storage of the Sana'a basin to a depth of 250 meters below ground level was estimated at 6050 Mm<sup>3</sup>, of which around 50% (3220 Mm<sup>3</sup>) was considered usable storage (Al-Hamdi, 2000). Historically, water supplies were obtained from dug wells and springs tapping the unconsolidated Quaternary deposits in the plain. The groundwater development has been largely uncontrolled.

Groundwater flow modeling using FEFLOW (Finite Element subsurface flow system) was carried out to reproduce the flow pattern in Sana'a basin. FEFLOW is an interactive groundwater modeling system. In the first time, we have developed a conceptual Model for Sana'a Basin. Then we applied software for the simulations in steady state, which allows identifying the hydraulic conductivity and the hydrosystem budget after a fitting process.

## BALNEOLOGICAL STUDY BASED ON HYDROGEOCHEMICAL ASPECTS OF THE SULPHURE SPRINGS WATERS WITHIN ABU- JIR FAULT ZONE (HIT - KUBAIYSA REGION)

**Al-Dulaimy Abed S.<sup>1</sup>, J-Mohammed Hussni, Mohee Hussin Bayan and A- Karbey Mushtaq**

<sup>1</sup>University of Anbar – Center of Desert Studies, Ramadi, Iraq

Email: [abedfaiyad2004@yahoo.com](mailto:abedfaiyad2004@yahoo.com)

The study has main important theme determines the balneological properties of sulphure springs waters within the area of Abu-Jir Fault Zone, throughout many hydrogeological aspects including:-

- Hydrogeologic model which examined by the setting of the hydrogeologic units obtained their water bearing horizons of Euphrates, Ana and Baba formations, also the flow regime in the hydrogeologic system.
- Hydro – physiochemical properties of the groundwater, which were determined to make hydrochemical view including spatial variation of the important parameters, related to the balneological study.
- Hydrochemical correlation of the springs waters and their sediment properties with various hydrochemical and balneological limits, standards and definitions, to select the springs that characterized by balneo – therapeutic applications.

The monitoring network of spring's waters quality performed by seven field measurements and thirty three variables in 18 springs (totaling to 720 detected measurements) distributed in the studied area approved after desk study and water point inventory activities.



The study has successfully examined and demonstrated an integrated hydrogeological aspects and springs waters property for evolutions and classification of minero – medicinal water in the studied area.

Suggested screening and ranking process technique has been developed an evaluating preferable springs selection for medical therapy. The application of the screening and ranking technique, indicates four graded consequent preferable spring for balneo-therapeutic investment, these are:

- The first grade spring is Kubaiysa spring (S-4)
- The second grade spring is Tawila spring (S-12)
- The third grade springs are Mamora, Arnab, Zazoe and Maqtoom, (S-15, S-10, S-5 and S-13).
- The fourth grade springs are Khalidiya and Layeg (S-16 and S-7) springs.

**Keywords:** Balneology, Sulphure Springs, Abu-Jir Fault, Minero-medicine, Spq.

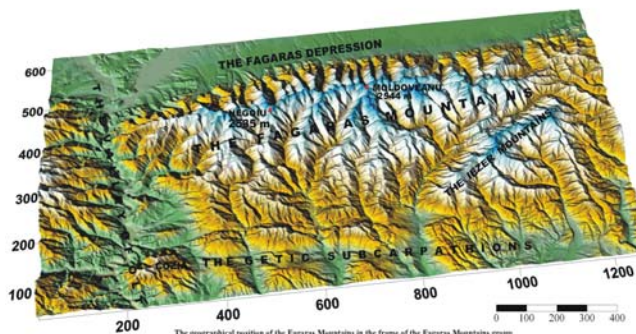
## AVALANCHE – RELATED HYDROLOGIC RISK AND MORPHODYNAMIC POTENTIAL IN SOME SOUTHERN VALLEYS IN FAGARAS MOUNTAINS

Alexandru Nedelea<sup>1</sup> and Comanescu Laura<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Geography, University of Bucharest, Roumania

Email: [lauracomanescu@yahoo.com](mailto:lauracomanescu@yahoo.com), [alexnedelea10@yahoo.com](mailto:alexnedelea10@yahoo.com)

The avalanches are complex phenomena, the effect of some multiple factors which interfere in their formation and starting. An avalanche is an interrupting/a rupture of a balance which put in movement the sliding of a quantity of snow. The balance rupture may be of climatic or mechanic order (the effects of the weight, of the overcharging). There are present in the mountainous space in the carpathians (generally above the superior limit of the forest). They have a special importance in modeling and dynamic of the unprotected slopes of vegetation, situated above the superior limit of the forests. The avalanches are also produced following some torrents, being concentrated on the torrential channels of these, similar situation to Tatra and Alps Mounts. The morphologic action of the avalanches depends on the avalanche type that vary in function of speed, acceleration, weight, pressure. The majority of the avalanche passage ways have lengths of about 1 km, complex profiles being influenced by lithology, structure, tectonics, gradient, exposition and anthropic activity.



The number of avalanches is a big one in Fagaras Mounts and especially in the sector that we analyze. The avalanche's risk is limited specially in forests but these block the Transfagarasan highway, affects tourist ways (e.g.: the crest way between Negoiu and Moldoveanu, the way between Piscul Negru and Caltun-Negoiu etc., which during the winter are forbidden), huts and sheepfolds and there can be produced even human victims (a great number of tourists became victims of these flows of avalanches). Evaluation and control of these avalanches would bring arguments in the favor or detriment/disadvantage of the organization and administration of the mountainous space from carpathian and especially from Fagaras Mountains.

The utilization of the mapping techniques and digital analyse in the the frame of the Geographic, informatic system brings news in the morphodinamic analyse of the avalanches from Romanian Carpathian area.

The elaboration of the first partial morphodynamic maps, of analyze and synthese is according to the most recent preoccupations from the alpine states (France, Italy, Switzerland) where the some mapping methods are obligatory documents in the process of territory management.

**Keywords:** Avalanche, Geomorphic Risk, Morphodynamic Potential, Fagaras Mountains.

### **ÉLECTRODES IONS SELECTIVES (ISEs) DE Cd<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> : CONDITIONS POUR DES MESURES CORRECTES ET APPLICATIONS DANS L'ANALYSE POUR LES EAUX POTABLES, INDUSTRIELLES ET RÉSIDUAIRES**

**Alimokhnache S.<sup>1</sup>, Mokrani Djelloul K.<sup>1</sup>, Nammouchi N.<sup>1</sup> et Messadi D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Sécurité Environnementale et Alimentaire –Annaba-Algérie

Email: [mokhnache\\_salima@yahoo.fr](mailto:mokhnache_salima@yahoo.fr)

Parmi les diverses méthodes d'analyse des eaux, les méthodes électrochimiques occupent une place importante.

L'ionométrie est à la base du développement de certaines électrodes ioniques spécifiques qui peuvent servir aux dosages des anions et cations dans le milieu liquide.

Si le dosage des ions fluorures par électrodes est désormais classique, l'efficacité des autres électrodes ioniques spécifiques pour des déterminations analytiques a souvent été mis en doute. Les résultats peu satisfaisants résultent en fait d'une mauvaise utilisation due à une certaine incompréhension du fondement théorique de ces méthodes.

La détermination expérimentale des principes caractéristiques des électrodes aux ions Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Hg<sup>2+</sup> et l'étude des paramètres physiques (T°, temps de lecture, Agitation) et chimiques (force ionique des solutions, pH, interférences) pouvant influencer les mesures.

Les résultats acquis ont permis de préciser les protocoles de dosage, lesquels ont trouvé une application pratique sous forme de différents d'eaux potables industrielles et résiduaires.

### **INVESTIGATION OF POSSIBLE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON RAINFALL AT SOUTH-WESTERN SAUDI ARABIA**

**Al-Wagdani Abdullah S.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Hydrology- Kung Abdulaziz University

P. O. Box 80208, Jeddah 21589, Saudi Arabia

Tel.: 966505714726

Email: [awagdani@yahoo.com](mailto:awagdani@yahoo.com)

The issue of global warming and its relation to climate change got a wide attention from both researchers and media in the last decade in various parts of the world. The objective of the current study is to investigate wither there are evidences for existence of changes in magnitudes of annual and monthly rainfall depths in south western region of Saudi Arabia. The study region is selected since it has highest rainfall and contains the largest dams in the country. Moreover, several major basins of the country are located within the study region. Water resources and agriculture in the region depend mainly on rainfall which can reach up to 600 mm/ year in Abha city and its surroundings. A proper planning for water resources of the region requires the awareness of the existence of new factors such as climate change which can affect rainfall and hence other parts of hydrological cycle such as runoff and groundwater recharge. Rainfall records of more than 30 rainfall gauges in the study region were collected and analyzed. Most of the investigated gauge stations has a record for more than 30 years. Rainfall time series from the stations were examined for existence of variations in monthly and annual rainfall which can be attributed to climate change using methods of data standardization and 5 year moving averages.

## INTEGRATION OF THE GEOPHYSICAL AND HYDROGEOCHEMICAL METHODS FOR DELIMITATION OF THE SALTWATER INTRUSION IN COASTAL AQUIFERS

**Amaro S.<sup>1</sup>, Stigter T.<sup>1</sup>, Stitou El Messari J.<sup>2</sup>, Ribeiro L.<sup>1</sup>, Casas A.<sup>3</sup> and Himi M.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Geo-Systems Centre/CVRM, Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal

<sup>2</sup>Dpto. de Geología. Universidad Abdel Malek-Essaadi, Tetuán, Morocco

<sup>3</sup>Facultat de Geologia; Universitat de Barcelona, Spain

Email: [smea@ist.utl.pt](mailto:smea@ist.utl.pt)

The coastal aquifers, situated in high demographic density zones, are generally exposed to intensive exploitation that can originate the intrusion of seawater. Therefore, and for the sake of an adequate management of groundwater resources, it is necessary to define a number of measures, including the determination of the lateral extent of seawater intrusion, the spatial and temporal control of intrusion, as well as the determination of the impact of varying groundwater exploration scenarios, for instance with the aid of models.

The current study aims to determine the degree and spatial extent of seawater intrusion in the aquifer of Martil-Alila, located at the Mediterranean coast of the north of Morocco, employing a multimethodological approach that will contribute to the control of the evolution of the saltwater intrusion in the coastal aquifer, with an efficient cost-benefit relation. The Plio-Quaternary aquifer of Martil-Alila covers an area of approximately 98 km<sup>2</sup> and represents the main water resource of the Tétouan province. The plain of Martil is covered by two water courses: river Martil in the south and river Alila in the north. The quaternary unit that forms the essential part of the alluvial plain of Martil is represented by sediments with lateral and vertical variations of facies. Despite its large potential for human consumption, groundwater suffers from too many contaminating activities (agricultural, industrial and urban activities).

Groundwater was sampled in 58 wells for the analysis of major ions, including nitrate, and some minor elements such as Sr, Li and Br. Geophysical techniques (2D-electrical and frequency domain electromagnetic surveys) were applied to complete the hydrogeochemical sampling network. The frequency domain electromagnetic soundings were used to characterize the aquifer, whereas the electric-2D surveys were applied for the detailed analysis of the extent of saltwater intrusion in the aquifer.

Multivariate principal component analysis (PCA) routines were applied to the combined set of hydrochemical and geophysical data to study the correlation among these data. Data processing involved several stages. First the conservative ion Cl<sup>-</sup> was selected as indicator for saltwater intrusion. Then all the geophysical data, such as the obtained apparent resistivity values for different electrode spacings or different EM transmitter-receiver distances, were converted into maps using kriging interpolation algorithms. The maps were then crossed with the hydrochemical monitoring network, i.e. where the mapped areas included monitoring wells, individual values of apparent resistivity/conductivity were assigned to each monitoring location. Finally, the obtained data were adequately transformed and PCA was performed, allowing the determination of the best geophysical indicator of the presence of saltwater intrusion.

Indicator-geostatistical techniques were applied to create maps indicating the probability of chloride concentrations in groundwater exceeding predetermined threshold values, which correspond to the median and the 1st and 3rd quartile values. These so-called indicator variables were subjected to structural (variographical) analysis, followed by the fitting of theoretical models, thereby obtaining the necessary model parameter values to introduce into an ordinary kriging algorithm for interpolation. Each interpolation was complemented by the corresponding standard deviation of the estimation error, also known as the standard error or kriging standard deviation. These probability maps can be particularly useful for water managers and policy-makers, allowing the incorporation of uncertainty into the monitoring data.

## RECHERCHE ET IDENTIFICATION DES ADENOVIRUS, ENTEROVIRUS, ASTROVIRUS ET NOROVIRUS DANS DES EAUX USÉES ÉPURÉES AU MAROC: ÉTUDES DE CAS DE DEUX STATIONS D'ÉPURATION MAROCAINES

Amdiouni Hasna<sup>1,2</sup>, Oubrim Nadia<sup>1</sup>, Fariat Nadia<sup>1</sup>, Benabbes Laila<sup>1</sup>, Cohen Nozha<sup>1</sup>, Soukri Abdelaziz<sup>2</sup> et Nourlil Jalal<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Pasteur du Maroc, 20360, Casablanca, Maroc

<sup>2</sup>Université Hassan II, faculté des sciences Ain choc, 5366, Casablanca, Maroc

Email: [hasna\\_gpe@yahoo.fr](mailto:hasna_gpe@yahoo.fr)

Les rejets des stations d'épuration déversent dans l'environnement des quantités importantes de particules virales. Ces virus sont dispersés dans l'environnement et peuvent être transportés loin de leur point de rejet. Les eaux usées sont réutilisées, le plus souvent sans traitement préalable, comme source de fertilisants.

L'objectif de notre étude est de mettre en place une technique de recherche de virus avec identification moléculaire par PCR couplée à la culture cellulaire, permettant de détecter des Entérovirus et des Adénovirus dans les eaux usées brutes et épurées par deux stations de lagunage marocaines et dans des rejets domestiques marocains.

Les échantillons des eaux usées ont subi une première étape de concentration des virus, le concentrât obtenu a été inoculé sur deux lignées cellulaires RD et Hep2. La détection du génome viral est réalisée par PCR en ciblant la région VP1, pour les Entérovirus, le gène de l'hexon pour les Adénovirus, la région de l'ORF2 pour les astrovirus et les norovirus, et le génotypage des virus entériques est réalisé par électrophorèse capillaire.

Sur l'ensemble des échantillons d'eaux usées prélevés avant et après traitement (n = 22), 11/22 échantillons (50%) se sont révélés positifs par PCR pour les Adénovirus, 32% (7/22) pour les Entérovirus, deux échantillons positifs pour les norovirus, et un seul échantillon pour les astrovirus. Les faux négatifs en culture cellulaire (6/22) 28% s'expliquent par la présence de souches qui poussent faiblement sur les lignées utilisées ou par d'éventuelles altérations des particules virales, réduisant leur pouvoir infectieux in vitro. Cependant, la culture cellulaire conserve sa place pour affirmer le pouvoir infectieux de l'agent détecté. L'utilisation de la PCR couplée aux cultures cellulaires permet de récupérer des souches non ou difficilement cultivables. Le séquençage de toutes les régions ciblées chez tous les virus entériques étudiés, a montré une grande variabilité des génotypes trouvés.

Les résultats obtenus révèlent la présence et la persistance des virus, dans les eaux usées brutes et épurées au niveau des deux stations étudiées, d'où la nécessité de prendre les mesures de précaution nécessaires avant toute éventuelle réutilisation.

**Mots-clés:** Entérovirus, Adénovirus, astrovirus, norovirus, eaux usées, culture cellulaire, PCR, séquençage

## ÉVOLUTION DE LA COMPOSITION ISOTOPIQUE DE L'EAU DANS LE CONTINUUM SOL-PLANTE-ATMOSPHERE

Amenzou N.<sup>1</sup>, Marah H.<sup>1</sup>, Raibi F.<sup>1</sup>, Vincent S.<sup>2</sup>, Hanich L.<sup>3</sup>, Khabba S.<sup>3</sup>, Boujamlaoui Z.<sup>4</sup>, Ezzahar J.<sup>1</sup>, Erraki S.<sup>3</sup>, Chahbouni G.<sup>2</sup>, Heng L.<sup>5</sup> et Newman B.<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Centre National d'Energie des Science et Techniques Nucléaire, Rabat, Maroc

<sup>2</sup>Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère BP 31401 cedex Toulouse, France

<sup>3</sup>Université Cady Ayyad, Marrakech, Maroc

<sup>4</sup>Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc

<sup>5</sup>International Atomic Energy Agency, Vienne, Autriche

Email: [amenzou@cnesten.org.ma](mailto:amenzou@cnesten.org.ma)

L'une des préoccupations constantes des hydrologues et les agronomes est la détermination, dans le cycle de l'eau, de l'importance des "pertes", par rapport aux "apports", et en particulier, dans le cas des sols cultivés, de l'estimation de l'évaporation et de la transpiration par rapport aux autres flux d'eau. Sous couvert végétal, il est difficile de terminer la part relative de l'évaporation liée au sol et de la transpiration liée à la plante. L'outil isotopique s'avère une méthode pertinente pour résoudre ce problème.

Cette étude est menée dans un champ cultivé en blé irrigué goutte à goutte à Marrakech qui s'intègre dans le cadre du projet CRP financé par IAEA et en collaboration avec IRD et Université Cadi Ayyad. Les teneurs isotopiques ont montré une grande hétérogénéité spatio-temporelle de l'eau dans le système sol-plante-atmosphère qui dépend essentiellement de l'humidité relative atmosphérique. La concentration et le rapport isotopique en deutérium ( $\delta D$ ) de la vapeur d'eau à l'intérieur de la couche limite de végétation ont été mesurés. Ces données fournissent le 'Keeling plots' (relation linéaire du mélange isotopique) pour estimer la fraction T/ET.

Durant le jour de prélèvement, on a remarqué que la transpiration contribue plus que l'évaporation dans la composante évapotranspiration.

**Mots-clés** : Blé, Méthode isotopique, Goutte à goutte, Partition de l'évapotranspiration, Région semi-aride, Système sol-plante-atmosphère

## LES EAUX USÉES DU GRAND CASABLANCA : POSSIBILITÉS DE TRAITEMENT ET DE RÉUTILISATION EN AGRICULTURE URBAINE

Amraoui F.<sup>1</sup>, Chlaida M.<sup>2</sup> et Moutaib Z.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences Ain Chock, Km 8, Route d'El Jadida, Casablanca, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire d'Ecologie et d'Environnement; Faculté des Sciences Ben Msik, Casablanca, Maroc.

Email: [amraoui\\_f@hotmail.com](mailto:amraoui_f@hotmail.com), [med\\_chlaida@yahoo.fr](mailto:med_chlaida@yahoo.fr)

L'eau constitue un enjeu majeur du développement durable du grand Casablanca. En effet, la région est caractérisée par un climat aride avec des ressources en eau modestes, souvent de mauvaise qualité et très irrégulières dans l'espace et dans le temps.

Avec les contraintes des changements climatiques et la forte pression anthropique, la réutilisation des eaux usées industrielles et domestiques pour des besoins urbains, notamment agricoles, peut contribuer à inverser les atteintes à l'environnement liées aux rejets des eaux usées brutes et à favoriser le développement économique de la région.

La présente communication traite du potentiel en eaux usées, de leur traitement et de leur réutilisation en agriculture dans certains centres urbains de la future mégapole du grand Casablanca. Elle décrit la démarche inscrite dans le cadre du projet de recherche Marocco-Allemand « L'Agriculture Urbaine comme Facteur d'un Développement Urbain Intégré Optimisé au Climat, Casablanca (2008-2013) », qui consiste à mener des expérimentations par pilotes de traitements décentralisés des eaux usées au niveau de la région de l'aéroport Mohammed V et leur réutilisation en agriculture. Il s'agit de

développer et démontrer des formes fructueuses de coexistence entre l'industrie et l'agriculture périurbaine.

Les retombées peuvent être très bénéfiques en terme de développement de l'agriculture, de sauvegarde de l'environnement, de garantie de revenus stables aux populations périurbaines et de lutte contre la spéculation foncière et contre la pauvreté.

**Mots-clés** : Eaux usées, Agriculture urbaine, Environnement

### **COLOUR AND COD REMOVAL OF DISPERSE DYE SOLUTION BY A NOVEL COAGULANT: APPLICATION OF STATISTICAL DESIGN FOR THE OPTIMIZATION AND REGRESSION ANALYSIS**

**Anouzla Abdelkader<sup>1</sup>, Abrouki Younes, Souabi Salah, Safi Mohammed and Rhbal Hicham**

<sup>1</sup>Laboratoire de Génie de l'Eau & de l'Environnement, Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia, Morocco.

Email: [aanouzla@gmail.com](mailto:aanouzla@gmail.com)

The investigation presented here focussed on the steel industrial wastewater (SIWW) FeCl<sub>3</sub> rich as an original coagulant to remove the synthetic textile wastewater. Response surface methodology was used to study the cumulative effect of the various parameters namely, coagulant dosage, initial pH of dye solution, dye concentration and to optimize the process conditions for the decolourization and COD reduction of disperse blue 79 solution. For obtaining the mutual interaction between the variables and optimizing these variables, a 23 full factorial central composite rotatable design using response surface methodology was employed. The efficiencies of decolourization and COD reduction for disperse blue 79 solution were accomplished at optimum conditions as 99% and 94%, respectively.

**Keywords:** Optimization, Coagulation, SIWW, Dye removal, Statistical design method.

### **DÉGRADATION DES SOLS DANS LES SOLS ARIDES ET SEMI-ARIDES (EXEMPLE DE LA RÉGION DE MARRAKECH ET ESSAOUIRA)**

**Arabi B.<sup>1</sup>, Daoudi L.<sup>1</sup> et Fagel N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Géosciences et Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire des Argiles, Géochimie et Environnement sédimentaire, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique

Dans les régions arides et semi-arides, les sols présentent fréquemment, à faible profondeur, un horizon riche en calcaire, souvent durci et feuilleté : c'est la croûte calcaire, dont l'épaisseur peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres. Dans les pays très arides, des sols à croûtes gypseuses, de faciès voisins des précédents, peuvent aussi couvrir de grandes surfaces. Les croûtes calcaires, prises dans un sens très large, font l'objet depuis longtemps d'observations et d'interprétations nombreuses. Cependant, dans les zones arides (régions méditerranéennes et sahariennes, Australie, sud et ouest des États-Unis, etc.) où le calcaire est souvent un élément dominant du paysage, des formations de morphologie et d'origine très variées ont été regroupées sous cette dénomination : dépôts lacustres ou palustres, travertins, formations pédologiques. Il en résulte une certaine confusion que les recherches sur le Quaternaire, menées à la fois par des géomorphologues, des géologues et des pédologues, essaient de débrouiller. On admet aujourd'hui que nombre de ces formations calcaires se sont développées à l'intérieur de sols auxquels on réserve alors la dénomination de sols à croûte.

Notamment le Maroc, surtout dans les régions qui sont caractérisées par un climat aride à semi aride tel notre région d'étude (Marrakech et Essaouira), souffrent péniblement de ce phénomène qui défavorise la bonne utilisation et baisse la qualité des sols et par conséquent la diminution de rendement de l'agriculture.

Et notre étude va s'intéresser à savoir l'origine et le mode de genèse de ces croutes calcaire en étudiant plusieurs aspects : diffractométrie argileuse par XRD et XRF, la morphologie, la quantification, la micromorphologie, la nanomorphologie (MEB) et de faire une datation par le C14, pour rassembler des idées sur la réelle nature et le vrai origine de ces encroûtements et poser des hypothèses suivant les modèles de formation et les élément constitutifs ainsi proposer à la fin des perspectives pour diminuer la gravité de ce problème.

**Mots-clés :** dégradation, sol, aridité, encroûtement, teneur en CaCO<sub>3</sub>, évaporation, datation, morphologie, climat méditerranéen

### **INTEGRATED GEOPHYSICAL APPROACH FOR GROUNDWATER EXPLORATION IN HARD ROCK TERRAIN. A CASE STUDY FROM AKAKA/ MAMU AREAS OF SOUTHWESTERN NIGERIA**

**Ariyo S. O.<sup>1</sup> and Adeyemi G. O.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Earth Sciences, Olabisi Onabanjo University, Ago-Iwoye. Nigeria.

<sup>2</sup>Department of Geology, University Of Ibadan. Ibadan. Nigeria.

Email: [ariyof@yahoo.com](mailto:ariyof@yahoo.com)

In many developed and developing countries, there is not only a reliance on groundwater as a primary drinking supply but also as a supply of water for both agriculture and industrial uses. It has also been observed that locating favourable groundwater zones in a hard rock area is very difficult task, as the secondary features developed in hard rocks like faults, fractures, lineament and dykes control the groundwater flow and movement. Therefore there is need for locating and pinpointing these favourable locations in hard rock areas. To be able to achieve this objective, a combination of Very Low Frequency (VLF) electromagnetic and Vertical Electrical Sounding (VES) geophysical methods were employed. VLF data were acquired at 20m interval along 8 traverses while 25 VES was also conducted along these same traverses. Geoelectric sections generated from iterated sounding curves revealed the present of 3 to 4 subsurface geoelectric layers consisting of topsoil, weathered basement, fractured basement and fresh resistive bedrock. The identified weathered and fractured basement materials constitute the main aquifer units in the area. Areas identified as geological interfaces in the VLF anomaly charts were also confirmed by the interpreted VES data as a promising zones for groundwater prospecting in the study area.

**Keywords:** Integrated, Geophysical approach, Groundwater exploration, Hardrock terrain, Southwestern Nigeria.

### **MAITRISE DES PROCESSUS PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOGÉOCHIMIQUES MAJEURS DÉCLENCHÉS LORS DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE DES AQUIFÈRES PAR DES EAUX USÉES TRAITÉES**

**Azaroual M.<sup>1</sup>, Casanova J.<sup>1</sup> and Rampnoux N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>BRGM, Service EAU, BP 36009, av. C. Guillemin, 45060 Orléans, France

<sup>2</sup>Veolia Environnement Recherche & Innovation, 10 rue Jacques Daguerre, 92500 Rueil-Malmaison

Email: [m.azaroual@brgm.fr](mailto:m.azaroual@brgm.fr)

L'augmentation démographique incessante et le développement industriel intense provoquent inévitablement une dégradation de la ressource en eau, contribuant au développement des pollutions et de la raréfaction d'une ressource de qualité. La recharge artificielle des aquifères à l'aide d'eaux de

moindre qualité est de plus en plus pratiquée dans différents pays pour assurer la disponibilité de l'eau en quantité et en qualité.

Cette pratique vise à déclencher des processus physiques et physico-chimiques pouvant modifier la composition chimique de l'eau afin d'obtenir la qualité requise pour diverses utilisations (eau potable, eau pour irrigation, etc.). En effet, la recharge artificielle est considérée comme une étape cruciale dans la épuration des eaux grâce à l'action couplée des processus physiques (filtration des particules solides en suspension), chimiques (adsorption des composés organiques) et biologiques (filtration des microorganismes, des virus et parasites, biodégradation des composés organiques). De façon générale, les processus de biodégradation basés sur le déclenchement des réactions biogéochimiques aboutissent à l'installation de zones redox filtrantes d'extension spatiale et de durée de vie assez variables. Ces processus redox, catalysés par l'activité microbologique, cherchent à utiliser les accepteurs terminaux d'électrons (TEAs) comme l'oxygène, les nitrates, les oxydes/hydroxydes du manganèse et du fer ferrique ainsi que les sulfates qui agissent de façon séquentielle en partant des réactions à haute énergie vers les moins énergétiques.

Afin de maîtriser les performances d'un système de recharge artificielle des aquifères, il est nécessaire d'accéder aux caractéristiques redox des sous-systèmes (zone non saturée en eau – zone saturée) de l'aquifère cible ainsi qu'à la capacité réactive et la dynamique des différentes zones. Il s'agit d'identifier et de quantifier le potentiel réactif aussi bien des eaux à épurer que du milieu géologique épurateur ciblé.

Dans cette étude, des percolations de différents types d'eaux dans des colonnes présentant des contextes géologiques variés ont été simulées. La réactivité de différents accepteurs d'électrons, en présence de micro-organismes, répartis spatialement le long des colonnes de percolation, a été représentée à l'aide d'une modélisation numérique couplée intégrant les phénomènes de transfert de masse et les aspects thermocinétiques et microbiologiques. Cette étude s'est focalisée plus précisément sur les réactions de consommation d'accepteurs d'électron (i.e., nitrate, sulfate), et sur les produits intermédiaires (i.e., H<sub>2</sub>) et finaux (i.e., fer ferreux, sulfure et méthane). Les résultats de cette étude seront présentés avec des discussions quant à la pertinence du concept de géo épuration et de sa généralisation.

## **LA NAPPE BARREMO-ALBO-APTIEENNE DU SYNCLINAL DE REMTHA (ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL) : MODÉLISATION ET GESTION**

**Baba-Hamed K.<sup>1</sup>, Derdour A.<sup>1</sup> et Bouanani A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire 25, Université Abou Bekr Belkaïd, BP 119, 13 000 Tlemcen Algérie.

Email: [kambabahamed@yahoo.fr](mailto:kambabahamed@yahoo.fr)

La nappe Barrémo-Albo-Aptienne du synclinal de Remtha qui fait partie des Monts des Ksour (Atlas Saharien occidental), alimente les habitants ainsi que les périmètres agricoles de la région d'Asla (Est de Ain Sefra).

Face aux risques liés aux phénomènes naturels (basses piézométriques de la nappe liées à un faible taux de recharge "climat aride", infiltration 2.22 mm/an), et aux phénomènes anthropiques : surexploitation de la nappe pour les besoins d'alimentation suite à la croissance démographique et surtout agricole car la région a vu la création de plusieurs périmètres agricoles, une gestion des ressources en eau avec un modèle mathématique devient nécessaire.

L'étude piézométrique montre un sens d'écoulement SW-NE, ce qui confirme que l'exutoire de la nappe est la source Belgred et que la nappe est alimentée à l'ouest par la nappe du synclinal Lankar. Après une représentation du fonctionnement global du système aquifère, l'utilisation du modèle mathématique basé sur la méthode des différences finies en régime permanent améliore la



connaissance des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère et permet l'évaluation d'un bilan hydrologique complet.

La simulation du modèle en périodes de sécheresse et surexploitation a permis de prévoir les niveaux d'abaissement de la nappe.

## LA FILTRATION SUR SABLE : RECHERCHE ET OPTIMISATION

**Baba-Hamed K.<sup>1</sup> et Bouanani A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire n°25, Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences,  
Université Abou Bekr Belkaïd, BP 119, 13 000, Tlemcen

Email: [kambabahamed@yahoo.fr](mailto:kambabahamed@yahoo.fr)

Dans un pays comme l'Algérie caractérisé par la faiblesse de ses potentialités en eaux aussi bien souterraines que superficielles ; le recourt aux ressources non conventionnelles (épuration, dessalement) est plus qu'une nécessité. Aussi et pour assurer une eau de bonne qualité, le traitement des eaux effectué dans nos stations passe par un certain nombre de phases en passant par le dégrillage, dessablage, Flocculation coagulation, lits bactériens, ... jusqu'à la filtration puis désinfection. Le processus de filtration en Algérie comme ailleurs dans le monde est basé sur le passage d'une quantité d'eau qui sort des bassins de décantation et flocculation – coagulation sur un filtre de sable à filtration rapide ou lente. Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente. Le sable utilisé est importé de l'étranger, impliquant des frais en devises non négligeables, sachant que pour une station donnée, les lits de sable utilisés doivent être changés ou réajustés après un certain nombre d'opérations. Dans l'objectif de chercher un matériau filtrant (un gisement de sable), susceptible de remplacer les sables importés dans nos stations, nous avons lancé une étude expérimentale au laboratoire, en utilisant un pilote de filtration verticale. Nous exposons dans cette note quelques résultats préliminaires.

**Mots-clés** : traitement, filtration, sable.

## DIAGNOSTIC ÉCOLOGIQUE ET DYNAMIQUE DU ZOOPLANCTON DANS UN CONTINUUM AQUATIQUE: DE L'OUED MASSA À SON EMBOUCHURE

**Badsî Hind<sup>1</sup>, Oulad Ali Hassan<sup>1</sup> et Erouissi Hind<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Equipe d'Océanographie et Limnologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

Email: [hindbadsî@yahoo.fr](mailto:hindbadsî@yahoo.fr), [ouladalihassan@yahoo.fr](mailto:ouladalihassan@yahoo.fr), [hinderouissi@yahoo.fr](mailto:hinderouissi@yahoo.fr)

L'environnement de l'oued Massa est gravement affecté par plusieurs nuisances à savoir notamment l'envasement de l'embouchure, la formation d'un cordon littoral sableux empêchant toute communication avec la mer, l'installation du barrage Youssef Ben Tachfine en amont, les sécheresses récurrentes, ainsi que la pollution agricole sans cesse croissante.

Ce travail a pour objectif un diagnostic écologique et un suivi du peuplement planctonique aux interfaces eau douce-eau saumâtre d'oued Massa, il a porté sur deux types d'écosystèmes : lagune fermée de la réserve biologique et le cours d'eau de Massa.

Afin d'étudier les relations entre les caractéristiques physico-chimiques et planctoniques, sept stations ont été échantillonnées d'une manière bimensuelle.

Le diagnostic écologique montre un gradient de la salinité aval-amont décroissant le long du continuum aquatique. Les teneurs élevées en chlorophylle a, en matières en suspension, et en composés azotés témoignent d'un état eutrophe de la lagune. Cependant, en amont, la rivière se

caractérise par des eaux douces, transparentes et des faibles teneurs en nutriments et en chlorophylle a.

Les observations faites sur plus de 15 km, nous ont permis de dégager les caractères majeurs des communautés zooplanctoniques dans l'oued Massa et d'obtenir une vision d'ensemble, pour le rôle du zooplancton dans le fonctionnement de cet hydrosystème.

Les analyses des prélèvements d'eau révèlent trois groupes zooplanctoniques qui se succèdent tout au long du tronçon étudié, selon leurs exigences et tolérances. Une communauté zooplanctonique riche avec 66 taxons appartenant à trois groupes dont 34 appartenant aux Rotifères, 18 aux Copépodes et 14 aux Cladocères. Les Rotifères sont représentés par *Brachionus plicatilis*, *Hexarthra fennica* et *Polyarthra vulgaris*. Les Copépodes les plus dominants sont les Cyclopidés *Halicyclops neglectus* en aval et *Acanthocyclops robustus* en amont. Quant aux Cladocères, elles sont dominées par *Chydorus sphaericus* et *Ceriodaphnia reticulata*. Cette tendance amont-aval du développement et de composition du zooplancton, est modulée par plusieurs contraintes, parmi lesquelles l'influence des intrusions marines et les apports d'un bassin versant à activité agricole.

Les valeurs de diversité spécifique ( $H' < 3$ ) et d'équitabilité ( $E < 60$ ) témoignent d'une hétérogénéité de la composition taxinomique du zooplancton et de son déséquilibre structural. Ceci serait dû à l'état de la qualité des eaux et à l'instabilité du milieu liée aux variations du niveau de l'eau.

Le début de l'été a été marqué par une mortalité massive de poissons, qui serait due à un déficit sévère en oxygène dissous et au développement de floraisons de Cyanophycées toxiques en aval de la lagune de la réserve biologique de Massa

**Mots-clés:** Oued Massa, Lagune fermée, Zooplancton, Biomasse, Diversité spécifique, Structure de peuplement, Mortalité de poisson.

## INTÉGRATION DU MODÈLE USLE DANS UN SIG POUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION HYDRIQUE DANS LE BASSIN VERSANT EL KHARROUB (RIF OCCIDENTAL)

Baghdadi M.<sup>1</sup>, Khattabi A.<sup>1</sup>, Sabir M.<sup>1</sup> et Ezzahiri M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, Maroc

Email: [baghdadi-enfi@hotmail.fr](mailto:baghdadi-enfi@hotmail.fr)

L'érosion hydrique, prise comme processus naturel que l'homme accélère, constitue la principale menace du capital sol et de l'environnement. Les facteurs topographiques et climatiques associés à la forte croissance démographique font que ce phénomène d'érosion (hydrique et éolienne, etc.) est accentué au Maroc.

Cette étude, réalisée dans le bassin versant Oued El Kharoub, fait appel au système d'information géographique (SIG) pour établir les cartes thématiques d'érosion et pour quantifier les pertes annuelles en sol à l'aide de l'équation universelle des pertes en sol (USLE) et pour déterminer la quantité de sédiments transportée jusqu'à l'exutoire du bassin versant.

Les résultats de l'étude ont montré que le bassin versant d'oued El Kharroub est caractérisé par une faible agressivité climatique variant de 52,44 à 61,78 unités/an, des sols en majorité peu évolués dont l'érodabilité varie de 0,06 à 0,488, une topographie caractérisée par des reliefs modérés et un couvert végétal à faible degré de protection.

Les pertes moyennes en sol par unité de surface enregistrées dans le bassin s'élèvent à 33,23 tonnes/ha/an. La quantité moyenne de sédiments délivrée à l'exutoire par unité de surface est de 13,35 tonnes/ha/an pour un coefficient de délivrance moyen de 38 %. Les quantités totales qui arrivent à l'exutoire s'élèvent à 370592 tonnes/an.

L'érosion hydrique cause une perte à la parcelle de 5,97 t/ha/an du stock de carbone du sol dont 2,4 t/ha/an atteignent l'exutoire, est susceptible de dégrader la qualité des eaux du futur barrage en accélérant le processus d'eutrophisation.

**Mots-clés :** érosion hydrique, USLE, SIG, bassin versant, oued el kharroub.

## IMPACTS DES TRANSFORMATIONS DES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS SUR LE COMPORTEMENT HYDROLOGIQUE DU SOL

**Baghdadi M.<sup>1</sup>, Khattabi A.<sup>1</sup>, Sabir M.<sup>1</sup> et Ezzahiri M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, Maroc

Email: [baghdadi-enfi@hotmail.fr](mailto:baghdadi-enfi@hotmail.fr)

Les risques de ruissellement et d'érosion hydrique se posent dans les bassins versants du Maroc depuis des décennies, notamment dans les Bassin versants de la région rifaine. Le diagnostic de ces risques exige une bonne compréhension du comportement hydrodynamique des sols soumis à diverses utilisations.

Le présent travail réalisé dans le bassin versant El Kharroub affluent de l'oued El Hachef (Rif occidental) s'inscrit dans la perspective de la construction d'un barrage à l'aval de l'oued El Kharroub. Il consiste d'une part en l'évaluation de l'impact des transformations des écosystèmes forestiers sur le comportement hydrologique du sol et d'autre part en la détermination des caractéristiques du sol qui ont une influence importante sur la capacité d'infiltration, considérée comme indicateur des risques de ruissellement et d'érosion. Trois occupations des sols ont été choisies, forêt de chêne de liège « référence », Matorral et Jachère (culture).

Dans chaque occupation du sol, trois tests de simulation de pluie ont été effectués. Les échantillons de sols ont fait l'objet de détermination de la densité apparente, de la porosité totale, de la teneur en matière organique, de l'azote total et de la texture.

Les résultats obtenus montrent que la conversion des forêts en matorral réduit l'infiltration de moins d'un quart, et la mise en culture la réduit d'environ 60%. En outre, la détachabilité sous les terrains de culture (203,76 g/m<sup>2</sup>/h) est en moyenne équivalente à environ 6 fois la quantité délivrée par le matorral (34,92 g/m<sup>2</sup>/h) et presque 3 fois la quantité délivrée par la forêt de chêne liège (84,35g/m<sup>2</sup>/h). Les surfaces qui produisent le plus rapidement et le plus abondamment le ruissellement sont les terres de cultures.

D'une manière pratique, le comportement hydrologique des sols, dans la zone d'étude, est régie essentiellement par la densité apparente, la surface ouverte, la teneur en matière organique du sol, la résistance à la pénétration et la teneur en argile. Ces différents paramètres peuvent être utilisés comme indicateurs des risques de ruissellement et d'érosion.

**Mots-clés** : Ruissellement, bassin versant El Kharroub, Simulation de pluie, Infiltration, Détachabilité, Comportement hydrodynamique.

## RÔLE DU BASSIN VERSANT DU KSOB DANS L'ÉVOLUTION ENVIRONNEMENTALE RÉCENTE DU LITTORAL D'ESSAOUIRA : PERSPECTIVES POUR UN AMÉNAGEMENT RAISONNÉ ET DURABLE

**Baiddah Abdeslam<sup>1</sup> et Daoudi Lahcen<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de géosciences et environnement, Département de Géologie, FST Marrakech

Email: [baiddahabdeslam@yahoo.fr](mailto:baiddahabdeslam@yahoo.fr)

Le littoral d'Essaouira est une région très fragile qui est sujette à une dégradation avancée et permanente et de son environnement. Les causes de cette dégradation sont multiples ; elles sont à la fois d'ordre naturelles et anthropiques .l'oued Ksob, situe au sud immédiat de la ville d'Essaouira joue un rôle fondamentale dans le fonctionnement hydro sédimentaire de ce littoral. Il est l'origine de crues brutales violentes et divagatrice, mais d'un autre coté il permet maintien de l'équilibre morpho sédimentaire de ce littoral. Pour palier aux problèmes de crues, la construction d'un projet de barrage est en vue en amont de l'oued Ksob. Cependant, ce projet de barrage va avoir des conséquences néfastes sur l'équilibre morpho-sédimentaire du littoral d'essaouira. En effet, le

matériel détritique alimentant la plage provient essentiellement de l'Oued Ksob ; ce matériel est ensuite redistribué sur la plage par la houle ou accumulé sous forme de dunes par des vent a dominant NNE parfois NE.

L'oued Ksob draine un bassin (bassin versant du ksob) dont les particularités hydrologiques et météorologiques d'une part et les caractéristiquement morphologique et lithologique d'autre part ont une influence évidente sur la puissance des crues et la forme des hydro grammes. Par ailleurs, la constitution de la charge solide, charriée ou en suspension, est surtout le fait de surface contributrices et non de l'ensemble du bassin. Cette charge provient généralement de secteur soumis a une érosion intense correspondant a une proportion faible du bassin versant. Jusqu'à présent, peu d'études ont consacré à l'érosion et à l'estimation des transports fluviaux au maroc.

Dans ce projet de thèse consacré au bassin versant de l'oued El Ksob et son embouchure on va s'efforcer de comprendre a quel point les caractéristiques hydrométéorologique et géomorphologiques permettent d'atteindre des pointes de crues exceptionnelles, pour des superficies drainées de quelque centaines de kilomètres carrées, identifier l'influence que pourra avoir le projet de construction du barrage en amont de l'oued Ksob.

### **TRAITEMENT DES EFFLUENTS DE TEXTILES PAR COUPLAGE DE PROCÉDÉS PHYSICO-CHIMIQUES ET PROCÉDÉS MEMBRANAIRES DE MICROFILTRATION**

**Barrouk I.<sup>1</sup>, Alami Younssi S.<sup>1</sup>, Kabbabi A.<sup>2</sup> et Ben Amar R.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire des Matériaux, Catalyse et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan II. B.P 146. Avenue Hassan II, C.P.20 650, Mohammedia, Maroc.

<sup>2</sup>Centre d'Etude et de Recherche des Phosphates Minéraux (CERPHOS),  
73 Boulevard Moulay-Ismaïl. Casablanca, Maroc.

<sup>3</sup>Laboratoire des Sciences de Matériaux et Environnement, Faculté des Sciences de Sfax,  
Route de Soukra Km 4, 3038 Sfax, Tunisia

Email: [barrouk\\_ibtissam@yahoo.fr](mailto:barrouk_ibtissam@yahoo.fr)

L'objectif de cette étude est le traitement des rejets liquides de textiles par couplage procédés physico-chimiques par coagulation/floculation et procédés membranaires de microfiltration.

Des membranes céramiques tubulaires de microfiltration à base de phosphate naturel marocain ayant un diamètre de pores de 0,35 µm ont été utilisés. Une comparaison de leurs performances en terme de flux et de taux de rejet avec des membranes commerciales à base d'alumine ayant un diamètre de pores de 0,2 µm a été réalisée.

L'effet des conditions opératoires de filtration (vitesse de circulation, pression, concentration) sur les performances des membranes a été étudié.

Ce traitement s'avère très efficace puisque des taux de décolorations supérieures à 90 % et un abattement de turbidité de 100 % ont été atteintes pour les deux membranes.

**Mots-clés:** Effluents de textiles, Microfiltration, Coagulation/Floculation, Apatite, Alumine.

## **APPORT DU SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE (SIG) À L'ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DE LA RÉGION DES DOUKKALA**

**Belahmira Abouchouaib<sup>1</sup>, Mdiker Nabil<sup>1</sup>, El Achheb Abderrahim<sup>1</sup>, El Maliki Soufiane<sup>1</sup>, Souhel  
Abdellatif<sup>1</sup> et Ettachfini El Mostafa<sup>1</sup>**

Laboratoire de Géosciences et Techniques de l'Environnement, Faculté des sciences, El Jadida,  
Maroc

Email: [abouchouaibbelahmira@yahoo.fr](mailto:abouchouaibbelahmira@yahoo.fr) ; [elachhebabderrahim@yahoo.fr](mailto:elachhebabderrahim@yahoo.fr)

Dans ce travail nous proposons une modélisation conceptuelle de données hydrogéologiques afin de produire une base de données géospatiales. L'intégration de ces données pour une cartographie dite carte hydrogéologique de la région des Doukkala est réalisée à l'aide de Système d'Information Géographique.

La carte hydrogéologique de la région des Doukkala constitue un document essentiel pour toute personne, société ou institution publique impliquée dans la gestion qualitative et quantitative des ressources en eaux souterraines et plus généralement pour tout acteur dans le domaine de l'environnement et de l'aménagement du territoire. Elle est dressée sur la base de données géologique, hydrogéologique et toponymique compilées au Projet SaDIN. Les données recueillies à travers les divers travaux et documents ainsi que les études antérieures, sont intégrées dans un système d'information géographique (SIG). Elle synthétise les informations hydrogéologiques disponibles à l'échelle régionale. L'objectif principal est de fournir des informations concernant l'extension, la géométrie, la piézométrie ainsi que les caractéristiques hydrochimiques et hydrodynamiques des aquifères.

**Mots-clés** : SIG, carte hydrogéologique, géologie, piézométrie, hydrochimie

## **CONSTRUCTED WETLANDS – SUSTAINABLE APPROACH FOR WASTEWATER TREATMENT IN RURAL AREAS**

**Belic andelka<sup>1</sup> and Belic Sima<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department for Water Management, 21000 Novi Sad,  
Serbia

Email: [anbel@polj.uns.ac.rs](mailto:anbel@polj.uns.ac.rs)

At the present level of human impacts on ecosystems, it is necessary to increase the opportunities for environmental approach and management of water resources. Constructed wetlands are manmade wetlands built to remove various types of pollutants that may be present in water that flows through them. They possess a rich microbial community in the sediment to effect the biochemical transformation of pollutants, they are biologically productive, and most importantly, they are self-sustaining. The first attempt in our country is just going on in rural area. This part of the Serbia is with good conditions for municipal wastewater treatment by constructed wetland. There are 85.9 % of communities with number of people between 1000 and 5000. This paper deals with details of the first constructed wetland in Glozan, which is working from November 2004. Glozan is a village with 2275 people, and with sewage system, without any industry inflow. Total area of the wetland system of 8400 m<sup>2</sup> is divided into three ponds: settling pond (Field I), purification pond (Field II), and the pond improvement of treatment effects (Field III). Investigation is concerned with the effects of wetlands in the process of purification of wastewater of the Glozan settlement as assessed on the basis of biological oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), suspended matter (SM), total phosphorus, ammonium, chloride, and some of the microbiological organisms. The purification degree of the settlement wastewater, that is the efficiency of wetlands, was determined by a comparative analysis of the input and output values of the mentioned characteristic parameters. Monitoring of efficiency was carried out four times till now, by measuring five parameters in influent and effluent. Decreasing of BOD<sub>5</sub>, Total Suspended Solids,

Total P, NH<sub>4</sub>, and Cl ranged between 5% (Cl) and 100% (TSS) in the first control; between 18% (P) and 93% (TSS) in the second control; between 83% (Cl) and 99% (NH<sub>4</sub>) in the third control; between 18% (Cl) and 94% (TSS) in the fourth control. According to microbiological investigation, total count of aerobic heterotrophic micro organisms in wastewater was of an order of several hundred thousands per ml. The highest count was observed in the sample taken at the site immediately before the wastewater inlet to the system (influent), and it amounted to 116.67 x 10<sup>5</sup> per ml. The count of heterotrophs in the water after Field II and Field III was many times lower. The count of total coliform bacteria was highest in the water prior to the inflow to Field I (150 per ml), whereas the counts of these bacteria in the other samples were insignificant (30, 9 and 7 per ml). *Escherichia coli* were present in the sample taken immediately after the wastewater inlet, whereas the presence of these bacteria in the other water samples could not be detected. The results obtained by monitoring the effects of the system exploitation, presented in this work, show that the choice of the applied treatment method was justified.

**Keywords:** Constructed wetlands; macrophytes; municipal wastewater; purification.

## POLLUTION OF PHREATIC WATERS INFLUENCED BY LIQUID WASTE DISPOSAL SITE

**Belic Sima<sup>1</sup> and Belic andelka<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department for Water Management, 21000 Novi Sad, Trg Dositeja Obradovica 8, Serbia,  
Email: [simbel@polj.uns.ac.rs](mailto:simbel@polj.uns.ac.rs)

Intensive development of livestock breeding in northern part of the Serbia has been characterized by construction of large-capacity pig breeding farms involving wet discharge technologies, and by inappropriate solutions to the treatment and disposal of the generated liquid waste. For the mentioned region it is characteristic that the liquid waste sites are not adequately designed, as they represent the simple basins dug in the ground, with no appropriate isolation. In that way the disposed liquid wastes have become sources of contamination. The aim of this investigation was to define phreatic water regime change influenced by liquid waste disposal sites.

To determine the characteristics of the liquid waste, samples have been taken four times a year during a three-year period. To monitor the changes in composition of phreatic waters, ten wells were drilled on the experimental areas. Physical and chemical characteristics of phreatic water samples were carried out analyzing the same parameters as in liquid waste.

The changes in chloride (Cl) concentrations and chemical oxygen demand (COD) values are considered as being representative for the conservative and nonconservative pollutants in phreatic water.

Chlorides contents were increased in the surroundings of liquid waste disposal sites. The concentrations were mostly higher compared to those measured for the reference wells, except for the most distant wells. The COD values were mainly low, indicating that organic pollutants from the liquid waste disposal sites did not reach the aquifer.

For simulation of pollutants transport from liquid waste disposal sites through soil and phreatic waters, mathematical model of Hoeks and Rijtema has been applied. Model was applied to simulate the spatial and time variation of Cl and COD. Applicability of these models was analyzed by comparing the calculated results with the results obtained by field measurements, and satisfactory applicability of mentioned model has been established.

## ÉTUDE DE LA VULNÉRABILITÉ DE L'AQUIFÈRE DE R'MEL (LARACHE). DRASTIC COMME MÉTHODE

**Ben Driss Nisserine<sup>1</sup> et Villarroya Gil Fermín Ignacio<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Geodinámica. Facultad de Ciencias Geológicas.

Universidad Complutense de Madrid. España

Email: [nisserine75@gmail.com](mailto:nisserine75@gmail.com)

Située au nord occidental du Maroc, l'aquifère de R'mel s'étend sur une surface de 240km<sup>2</sup>(Province de Larache), il est limité à l'ouest par l'Océan Atlantique, à l'Est par Oued Loukkos et au Sud par les affleurements marneux du mio-Pliocène, et il est drainé par les oueds Sakh-Sokh, Smid El Ma et El Kihel.

Le climat de la zone est de type méditerranéen, avec un hiver pluvieux et un été sec [température et précipitation moyennes de 18,6°C et 640mm respectivement (30 années)].

Il constitue la réserve la plus importante en eau souterraine dans la partie Nord-ouest du Maroc, avec une réserve totale estimée en 122 Mm<sup>3</sup> et une recharge de 72,5Mm<sup>3</sup>/an qui provienne de l'infiltration des eaux pluviales et du retour des eaux d'irrigation.

L'aquifère, objet de notre étude, joue un rôle primordial dans l'approvisionnement en eau potable des villes de Larache et Ksar El Kebir et le milieu rural, ainsi que l'approvisionnement en eau pour les industries et pour l'irrigation (CAL, SODEA, ORMVAL).

Notre approche a comme objectif l'étude de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de l'aquifère de R'mel de Larache vue la baisse du niveau des eaux due à la surexploitation des ressources hydriques pour l'AEP et l'AEI et pour l'irrigation, ce qui a influé sur la qualité de ces eaux. De surcroît, la grande diversité des sources de pollution a conduit à une dégradation de la qualité des eaux de l'aquifère de R'mel ce qui nécessite une gestion raisonnable et des moyens de lutte et de prévention contre ces différents types de pollution.

L'étude de la vulnérabilité a été réalisée par la méthode DRASTIC tout type de polluant confondu. Ainsi, l'élaboration de ces cartes, moyennant le logiciel Arc View, nous a permis d'obtenir comme résultat une carte définitive qui affiche 4 zones de vulnérabilité.

**Mots-clés:** R'mel, aquifère, pollution, vulnérabilité, DRASTIC.

## ÉTUDE D'IMPACT DES AMÉNAGEMENTS CES PAR APPLICATION DES MODÈLES HYDROLOGIQUES (CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED OUM ZESSAR)

**Ben Zaied Mongi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut des Régions Arides – Médenine – Tunisie

Email: [benzaied\\_m@yahoo.fr](mailto:benzaied_m@yahoo.fr)

Suite aux travaux de mise en œuvre des stratégies nationales de conservation des eaux et du sol et de mobilisation des ressources en eau, il est important à ce moment d'orienter les études et les recherches vers l'analyse des impacts physiques et agro-socio-économiques au niveau des zones aménagées.

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact des aménagements de conservation des eaux et du sol (CES) sur un paramètre du bilan hydrique (ruissellement) dans le bassin versant d'oued Oum Zessar (Médenine) qui est caractérisé par un climat aride et par la présence de différentes techniques de CES (jessour, tabia, ouvrages en gabion, puits de recharge). Pour ce fait, il était utile de s'en servir de la modélisation hydrologique pour simuler cet impact à l'aide des modèles distribués SWAT (Soil and Water Assessment Tool) et PATTERN combinés à des logiciels SIG (Arc view et PcRaster), en plus du modèle conceptuel GR4j (Génie Rural à 4 paramètres au pas de temps journalier).

Les entrées des modèles SWAT, PATTERN et GR4j sont, soit dépouillées, soit calculées à partir des formules appropriées ou estimées par des ajustements mathématiques, soit traitées par un SIG ; alors que les paramètres sont obtenus par des mesures expérimentales, en se référant à des études antérieures ou par un ajustement manuel des modèles.

L'analyse des résultats calculés par les modèles SWAT et GR4j montre que les travaux d'aménagement du bassin versant sont efficaces pour atténuer le débit du ruissellement. En effet le débit simulé par le modèle SWAT passe de 15% de la pluviométrie dans le cas sans aménagement à 1% en présence des aménagements CES alors que celui simulé par le modèle GR4J passe de 13% (sans aménagements) à 2% (avec aménagements).

L'application du modèle PATTERN nous a permis entre autre de représenter la distribution spatiale du ruissellement dans le bassin versant d'oued Oum Zessar. Ce modèle complexe permet ainsi de détecter les points faibles de la zone d'étude (ruissellement important dans la partie amont du bassin) et peut constituer un bon outil d'aide à la décision.

## OCCUPATION DES SOLS ET GESTION DURABLE DE LA RESSOURCE HYDRIQUE EN ALGÉRIE

**Benabdeli Khéloufi<sup>1</sup> et Harrache Djamila<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Systèmes Biologiques et Géomatique FSNV, Université de Mascara, Algérie

<sup>2</sup>Université de Sidi Bel Abbès, Algérie

Email: [kbenabdeli@yahoo.fr](mailto:kbenabdeli@yahoo.fr)

La région tellienne ne représente que 7% de la surface totale et reçoit 92% des écoulements superficiels. Par contre le reste du territoire (Sahara, Hauts Plateaux et Steppe) représentant 93% de la superficie ne reçoivent que 8% des écoulements. Seuls 6 millions de m<sup>3</sup> sont mobilisables alors que les besoins augmentent d'année en année et sont estimés à 9 milliards de mètre cube à l'horizon 2020. A ces besoins s'ajoute le déficit en pluviosité évalué à 33% à l'ouest du pays, 20% au centre et 17%.

Une analyse sommaire du cycle de l'eau dans le Tell algérien laisse apparaître un apport global d'environ 65 milliards de mètres cube dont 40 s'évaporent, 3 s'infiltrent, 15 ruissellent et seuls 7 sont mobilisés ou exploités. Ces quelques chiffres mettent en relief toute la problématique de la gestion durable de cette ressource rare et onéreuse.

Les principaux bassins versants au nombre de 21 totalisent une superficie de l'ordre de 75.000 Km<sup>2</sup> et reçoivent en moyenne l'équivalent de 3 à 4 milliards de mètre cube. Ces espaces nécessitent en urgence une protection contre l'érosion au niveau de ces entités géographiques estimée à 4 500 000 ha où seuls 350.000 ont été traités jusqu'en 2005 soit à peine 8%. La faiblesse du taux de couverture végétale des zones sensibles régulant l'écoulement des eaux de précipitation, la mauvaise utilisation et l'occupation des sols et l'absence de toute approche globale de gestion des espaces.

Le couvert forestier garant d'un équilibre écologique indispensable à la pérennité du cycle de l'eau et à la réalimentation des réserves est passé de 25 à 10% de la superficie de l'Algérie du nord en l'espace d'un siècle et demi. Seule 6% de la superficie des bassins versants est boisée et confirme l'équivalent des 40.000 hectares de terre qui sont détruites par l'érosion annuellement. En termes de mobilisation de l'eau cela se traduit par un envasement moyen des barrages de l'ordre de 10 à 20% des capacités. Plus de 20 millions d'hectares sont sérieusement menacés par l'érosion et seuls 1 million d'hectares a été traité en 30 ans.

L'occupation du sol joue un rôle prépondérant en matière de gestion des ressources hydriques, l'espace agricole qui mobilise une superficie de 8 millions d'hectares est occupée à plus de 80% par un assolement céréaliculture-jachère favorable au ruissellement. Seul 1 million d'hectare est utilisé par des cultures pérennes fixant à longueur d'année le sol et jouant un rôle sur l'eau. Avec 52% de la



surface agricole utile réservée aux cultures herbacées saisonnières et 39% à la jachère ; 4 millions d'hectares de formations forestière au lieu des 10 millions et une steppe dégradée comment gérer durablement l'eau ?

**Mots-clés** : ressources hydriques- précipitations- occupation du sol- Algérie

## **CARTOGRAPHIE DE LA VULNÉRABILITÉ À LA POLLUTION DE L'AQUIFÈRE DE MARTIL-ALILA (MAROC) PAR UTILISATION D'UNE APPROCHE GÉOPHYSIQUE**

**Benabdelouahab S.<sup>1,2</sup>, Stitou El Messari J.<sup>1</sup>, Himi M.<sup>2</sup>, Ouazzani Touhami A.<sup>1</sup>, Draoui M.<sup>3</sup>, Salhi A.<sup>4</sup> et Casas A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaadi, B.P. 2121, M'hannech 2, Tétouan, Maroc.

<sup>2</sup>Département de Géochimie, Pétrologie et Prospection Géologique, Univ. de Barcelone, Espagne.

<sup>3</sup>Département de Géologie, Ecole Normale Supérieure, Tétouan, Maroc.

<sup>4</sup>Département de Géographie, Université Abdelmalek Essaadi, Maroc.

Email: [moibenabdelouahab@gmail.com](mailto:moibenabdelouahab@gmail.com)

Les ressources hydriques souterraines constituent une source considérable d'alimentation en eau en raison de sa basse susceptibilité à la pollution, relativement aux eaux superficielles, et à son importante potentialité d'emménagement. Pourtant, la multiplication des sources de pollution ponctuelles et diffuse menace de plus en plus de déperdition la qualité de ces ressources. A cet égard, il s'avère nécessaire de baser les plans de gestion sur les cartes de vulnérabilité qui indiquent le degré d'exposition des aquifères à la pollution. Ces cartes permettent la délimitation des aires les plus sensibles à la pollution en fonction des conditions du sous-sol.

La vulnérabilité est principalement régie par la perméabilité et l'épaisseur de chacune des niveaux de la zone non saturée. Ainsi, au niveau des sédiments non consolidés la perméabilité est étroitement liée au contenu en argiles qui, à son tour, peut être déduit indirectement à partir des méthodes géophysiques de résistivité comme la tomographie électrique. Ce travail illustre, donc, les conclusions obtenues par combinaison des potentialités des systèmes d'information géographiques avec les résultats des campagnes géophysiques au niveau de l'aquifère côtier de Martil-Alila.

**Mots-clés** : Vulnérabilité à la pollution, tomographie électrique, aquifère détritique

## **ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ SPATIALE DES DONNÉES HYDRODYNAMIQUES DU SOL POUR AMÉLIORER L'EFFICIENCE DE L'UTILISATION DE L'EAU**

**Benabdelouahab Tarik<sup>1</sup> et Douaik Ahmad<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Agronomique. Maroc

Email: [bentas01@yahoo.fr](mailto:bentas01@yahoo.fr)

Le présent travail se propose d'étudier la variabilité spatiale des paramètres hydrodynamiques du sol par les techniques de géostatistiques (Analyse structurale, modélisation) et l'interpolation spatiale par Krigeage. Différentes expérimentations ont été mise en oeuvre pour estimer et décrire localement la conductivité hydraulique à saturation, le régime d'infiltration et les paramètres physico-chimiques, selon une grille d'échantillonnage 16\*16 m dans une parcelle de blé dure (Achtar) d'un hectare. Pour les mesures d'infiltration on a utilisé le perméamètre à Guelph.

En effet, la compréhension du fonctionnement hydrodynamique et sa distribution spatiale, vis-à-vis des systèmes d'apports d'eau appliquées à l'échelle parcellaire, permet de mettre en place une stratégie de gestion intégrée, afin d'assurer une bonne productivité et/ou efficacité de l'irrigation localisée où il est indispensable de maîtriser l'apport ponctuel de l'eau.

## ÉCONOMIE D'EAU D'IRRIGATION DANS LES VERGERS D'AGRUMES : CAS DE LA NAVEL /C. TROYER SUR UN SOL SABLEUX DANS LE GHARB (MAROC)

**Beniken L.<sup>1</sup>, Benyahia H.<sup>1</sup>, Benkirane R.<sup>2</sup>, Dhan R., Benazouz A.<sup>1</sup>, Talha A.<sup>1</sup>, et Beqqali M.**

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Agronomique. Unité de Recherche sur l'Amélioration des Plantes et Conservation des Ressources Phytogénétiques, Université Ibn Tofail Faculté des sciences et techniques Kénitra.

<sup>2</sup>Centre Régional de la Recherche Agronomique de Kenitra – INRA Maroc, BP 7567, Kenitra. Maroc.  
Email: [beniken\\_lhou@yahoo.fr](mailto:beniken_lhou@yahoo.fr)

Le Maroc souffre d'une pénurie d'eau qui s'aggrave avec la succession des années de sécheresse et par la dégradation continue de la qualité des eaux. L'économie d'eau utilisée en irrigation s'impose avec acuité. La conversion du système d'irrigation moins efficient (gravitaire et aspersion) vers un système d'irrigation localisé (goutte-à-goutte ou micro aspersion) reste une voie privilégiée pour l'économie de la ressource à l'échelle de la parcelle et au niveau d'un périmètre irrigué. Les objectifs assignés à cette étude sont généralement la détermination des besoins en eau d'irrigation des agrumes dans le contexte édaphoclimatique du site d'El Menzh dans la région du Gharb, l'étude de l'effet du régime hydrique sur la production et la qualité des agrumes en vue de définir la dose optimum d'arrosage et l'économie d'eau d'irrigation par la conversion du système d'irrigation et le développement d'une stratégie de gestion et programmation des irrigations. Cinq modalités d'arrosage ont été appliquées, ces doses représentent une proportion d'ETc calculée. Il s'agit des doses à 120%, 100%, 80%, 60% et 40% d'ETc. Les paramètres étudiés sont essentiellement le rendement et la qualité des fruits d'agrumes.

Les besoins en eau d'irrigation des agrumes sont évalués à 320mm, 520mm et 470mm respectivement pour les trois campagnes respectivement 2006-2007-2008 alors que les doses apportées habituellement par le système d'aspersion varient entre 750 et 800mm par an.

Le volume d'eau d'irrigation a un effet significatif sur la croissance végétative, le rendement, le calibre et la qualité des fruits d'agrumes

Les rendements réalisés sous le régime hydrique apportent la totalité des besoins en eau d'irrigation (100% d'ETc) sont respectivement 61.13, 43.86 et 51.04 tonne/ha pour les campagnes 2006, 2007 et 2008. En terme d'efficacité d'utilisation en eau (EUE) d'irrigation en 2006 les doses à 100%, 80% et 60% sont les plus efficaces alors qu'en 2007 ce sont les régimes à 80% 60% et 40% qui ont montré plus d'efficacité.

**Mots-clés** : Agrume, irrigation, efficacité d'utilisation en eau, évapotranspiration.

## LE COMPORTEMENT D'UN SYSTÈME HYDROLOGIQUE EN CLIMAT MÉDITERRANÉEN PAR LES ANALYSES CORRÉLATOIRE ET SPECTRALE ET EN ONDETTES DES DÉBITS ET DES PLUIES : CAS DU BASSIN SUD-MÉDITERRANÉEN DU K'SOB (M'SILA – ALGÉRIE)

**Benkadja Rachid<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département hydraulique, faculté des sciences et sciences de l'ingénieur, Université de M'sila, Algérie.

Email: [r\\_benkadja@yahoo.fr](mailto:r_benkadja@yahoo.fr)

Le bassin versant sud méditerranéen du K'sob, affluent du bassin du Hodna de M'sila (Algérie), est situé dans une zone semi aride. Les analyses corrélatoire et spectrale des chroniques de la pluie journalière (entrée) et de débits moyens journaliers (sortie) enregistrés durant plusieurs cycles hydrologiques nous ont permis d'obtenir des informations sur le fonctionnement du système

hydrologique. Bien que la structure du signal (pluie) semble présenter un caractère aléatoire, le signal de sortie (débit) indique que l'oued K'sob réagit rapidement et le système hydrologique ne présente aucun effet mémoire traduisant l'absence des réserves souterraines. L'information contenue dans le signal d'entrée est peu modifiée par le système présentant une faible inertie.

L'analyse en ondelettes continues de Morlet de la pluie met en évidence l'absence de structure à court et moyenne terme et l'existence d'une structure quasi-stationnaire à long terme. Ainsi, la chronique de débit ne présente aucune structure à court ou à moyenne terme par contre une très légère structure apparaît comme non stationnaire à long terme (au delà de 360 j). Le pourcentage de variance exprimé le plus élevée est obtenu au delà de 125 j, c'est à dire à moyen et long terme.

L'analyse en ondelettes discontinues (orthogonales) des pluies mettent en évidence l'apparition des signaux uniquement de 2 et 4 j. Au-delà, la chronique des pluies ne présente aucune structure.

L'analyse multirésolution croisée par niveau d'échelle permet de quantifier plus précisément le degré de causalité de la relation pluie-débit, en fonction de l'échelle de décomposition. Cette intercorrélacion met en évidence l'absence de corrélation à court terme et une bonne corrélation à long terme.

L'analyse du bruit par la représentation log-log du spectre de variance montre que sur les séries des pluies et des débits, quelque soit l'échelle des fréquences, les pentes varient respectivement de -0,146 à -0,353 et de -0,397. L'analyse du bruit place ces chroniques dans le domaine du bruit Gaussien, c'est à dire que le signal d'entrée représente un phénomène aléatoire pur et un signal de sortie non structurés.

## **LA SÉCHERESSE DU PRINTEMPS ET DE L'ÉTÉ 2003 : UNE REMISE EN CAUSE DE LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU EN MOYENNE MONTAGNE ?**

**Benmalek Yohann <sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Jean-Monnet, Saint-Etienne, Le sud du Département de la Loire et du nord-est du Département de la Haute-Loire (France)  
Email: [yohann.benmalek@univ-st-etienne.fr](mailto:yohann.benmalek@univ-st-etienne.fr)

L'année 2003 a été une année d'extrêmes hydrologiques en France et plus particulièrement sur le Massif Central Oriental. Elle a été vécue comme une année très chaude et très sèche, depuis la fin de l'hiver 2002-2003 jusqu'à septembre. Début décembre a été une période de très forts excès, qui ont marqué la population locale. Si ces deux évènements n'ont pas donné lieu à des drames humains de grande ampleur, ils ont sérieusement bouleversé la vie de certains acteurs socio-économiques et posent la question du bien-fondé de la gestion de la ressource en eau telle qu'elle est institutionnalisée aujourd'hui.

La sécheresse du printemps et de l'été 2003 n'est pas un épisode isolé et exceptionnel dans le temps. Depuis le dernier quart du XXème siècle, au moins cinq épisodes de sécheresse, dont certains plus étendus (1976, 1984-1986, 1989-1991) ont marqué le territoire. La sécheresse de 1976 a laissé des archives assez anciennes, fragmentaires et difficiles à recueillir au niveau territorial. L'Etat a alors imposé à la population une taxe supplémentaire, dite « impôt sécheresse », extrêmement impopulaire. Hivers sans neige, étés sans eau ont été récurrents pendant les années 1980. Face à ces évènements, l'Etablissement Public d'Aménagement de la Loire et de ses Affluents a longtemps milité pour la construction de retenues artificielles de grande ampleur. Les années 1980 et le début des années 1990 constituaient alors la dernière période d'emprise majeure de l'Etat sur le territoire. La contestation des associations écologistes et la lenteur administrative ont eu raison des nombreux projets de l'E.P.A.L.A.

Depuis le début des années 1990, la gestion de la ressource en eau est fortement partagée entre l'échelle publique départementale et communale et les associations privées, que ce soit en matière de pêche, de protection des milieux ou d'irrigation. Le désengagement progressif de l'Etat, d'une manière

générale au niveau national, a laissé la place à de nombreuses initiatives locales mais sans structuration et sans hiérarchie précise. Depuis le milieu des années 1990, les structures intercommunales, plus puissantes politiquement et financièrement, ont pris le relais de la gestion de l'eau et de l'assainissement. Ce sont aujourd'hui les communautés d'agglomération, qui regroupent parfois près de 50 communes. Ces structures n'ont pas pour compétence la gestion de la ressource et sont donc assez impuissantes en cas de sécheresse. La délimitation du territoire de ces structures, aux compétences multiples et dépassant largement le seul cadre de l'eau, n'est pas adaptée aux réseaux hydrographiques.

Les lois sur l'eau de 1964 et plus précisément la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 ont introduit la notion de découpage administratif par bassin versant. Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux est un outil qui permet d'associer les acteurs d'un bassin versant de plusieurs centaines de kilomètres carrés. Sur notre région, il a été mis en place très récemment et est donc encore inefficace face aux problèmes de sécheresse tels que connus en 2003. La sécheresse du printemps et de l'été 2003 a été perçue dès le mois de février au niveau météorologique, dès le mois de mars au niveau hydrologique. Les sols ont été affectés dès le mois de mai. Les premières mesures prises, au niveau départemental et municipal, datent du mois de juin. Le Préfet ou le maire peuvent intervenir pour la limitation de l'utilisation de la ressource en eau, de manière temporaire ou permanente pour certaines activités. Les outils de sanction prévus (amendes) sont inapplicables face au potentiel non-respect des directives ou des arrêtés.

La gestion de la ressource en eau est donc très morcelée par de nombreux secteurs d'activité (alimentation en eau potable, usages agricoles et industriels, pêche et loisirs). Elle l'est donc par de très nombreux acteurs qui ne s'appuient encore que peu sur le territoire du bassin versant (département, structures intercommunales ou syndicales, municipalités, régies pour l'alimentation en eau potable, associations de pêche et de protection du milieu aquatique). Ce morcellement crée une difficulté de réponse globale et efficace pour la protection de la ressource en eau en période de sécheresse encore aujourd'hui. L'absence d'une connaissance précise des vulnérabilités territoriales et le manque de pouvoir politique fort en matière de gestion de l'eau sont deux lacunes qui apparaissent nettement en période de sécheresse.

## **PROTECTION DES EAUX DE L'OUED BOUREGREG : TRAITEMENT DU LIXIVIAT**

**Benradi F.<sup>1,2</sup>, El Yahyaoui A.<sup>1</sup>, Bouhlassa S.<sup>1</sup>, Nounah A.<sup>2</sup>, Cherkaoui E.<sup>2</sup> et Naji S.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Nucléaire et Radiochimie, Département de chimie, Faculté des Sciences, Avenue Ibn Battouta, Rabat, Maroc.

<sup>2</sup>Laboratoire Energétique, Matériaux et Environnement, Ecole Supérieure de Technologie, Avenue Prince Héritier B.P. 227, Salé-Médina, Maroc.

<sup>3</sup>SECU-Environnement, BET, Rabat, Maroc

Email: [fatimabenradi@hotmail.com](mailto:fatimabenradi@hotmail.com)

Sur la côte atlantique marocaine, l'oued Bouregreg et son bassin versant constituent un site exceptionnel et privilégié. Ce site a favorisé l'implantation de populations humaines depuis longtemps comme le témoignent les nombreuses découvertes archéologiques.

Le développement des activités socio-économiques le long de l'estuaire et la présence des décharges publiques présentent des nuisances et des agressions, directes ou indirectes, à l'environnement naturel de la vallée. En effet, la population organique importante de l'oued a un effet néfaste sur la qualité physico-chimique des eaux et sur la diversité biologique du système aquatique.

La présente étude s'intéresse à l'évaluation de la pollution générée par les lixiviats des décharges (Oulja et Akreuch) sur la qualité des eaux de l'Oued Bouregreg et à la mise en œuvre d'une procédure pour la récupération et le traitement de ces lixiviats.

En parallèle à la caractérisation des lixiviats libérés par les déchets déposés, les résultats des analyses effectuées au niveau de la source, point de rejet, et en plusieurs points de la rivière, montrent la présence des différents indicateurs de pollution. Les mesures préconisées de la réhabilitation et de la fermeture de ces deux décharges ; ainsi que l'étude expérimentale sur le choix des procédés de traitements, les plus efficaces, en utilisant des coagulants chimiques, montrent que plusieurs facteurs doivent être pris en considération. Les conditions expérimentales et les résultats seront présentés et discutés.

**Mots-clés** : décharge publique, pollution, indicateurs de pollution, lixiviat, déchets

## **DIAGNOSTIC SUR LA RESSOURCE EAU ET SA GESTION DANS LE CONTEXTE DE L'ORANIE (ALGÉRIE NORD- OCCIDENTALE) : SITUATION, PERSPECTIVES ET STRATÉGIES**

**Benyahia M.<sup>1</sup>, Abdelhakk H.K.<sup>1</sup>, Kerfouf A.<sup>1</sup> et Moueddene K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire "Eco-développement des Espaces", Université Djillali Liabés, Sidi Bel Abbés 22000,  
Algérie

Email: [benya133@yahoo.fr](mailto:benya133@yahoo.fr)

Dans cette partie de l'Algérie, la disponibilité de l'eau, en générale, et celle potable, en priorité, a toujours constitué la préoccupation majeure des responsables en charge du secteur, en raison que cette région qu'est l'Oranie est particulièrement la plus défavorisée naturellement, par rapport aux régions Centre et Est du pays. De ce fait, cet élément si vital constitue un enjeu primordial pour tous les gouvernements qui se sont succédés. Il se trouve que, sur ce territoire, l'eau douce y est rare et répartie très inégalement entre ses différentes wilayates. Ainsi et au vu de leur développement socio-économique, agricole, industriel et de la demande sans cesse croissante des populations, elles seront appelées, à très brève échéance, à faire face aux problèmes du manque d'eau et de sa gestion.

Cependant, l'eau constitue un domaine de première priorité stratégique sur le plan national, régional et local, plus spécialement dans les zones semi-arides (telle l'Oranie), voire arides, où la rareté et la diminution de cette ressource, ainsi que son inégale répartition sont bien marquées, auxquelles sont associées des besoins exponentiellement en hausse et une utilisation irrationnelle et qui nécessitent d'adopter une gestion raisonnable, optimale et durable de celle-ci.

En effet, on se trouve, en Oranie, dans une situation alarmante où l'eau doit être au centre des inquiétudes et des autorités locales de toute la région et des organismes gestionnaires, et des usagers et de l'ensemble des citoyens ; enfin de tous les acteurs de l'eau qui doivent s'impliquer davantage, où les pratiques individuelles doivent se faire plus conscientes et plus respectueuses afin que l'eau, patrimoine commun de la nation, soit mieux connue, considérée comme stratégique, bien protégée et gérée au profit de tous.

Ce diagnostic va permettre de mieux cerner la situation actuelle de la ressource eau en Oranie, plus précisément dans les wilayates les plus importantes et concernées par la présente étude, à savoir Tlemcen, Sidi Bel Abbés, Oran et Ain Témouchent, en termes de réalités, de perspectives et de stratégies afin de circonscrire les problèmes qui en découlent et leur apporter des solutions appropriées.

Pour cela, et dans ce contexte, la gestion rationnelle des ressources en eau est devenue aujourd'hui une nécessité, voire une obligation, en vue d'assurer un développement harmonieux et durable.

**Mots-clés** : Algérie, eau, Oranie, enjeu primordial, semi-arides, gestion raisonnable, inquiétudes, acteurs, diagnostic, développement durable.

## APPROCHE INTÉGRÉE POUR LA PLANIFICATION DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DU HAOUZ

**Berjamy B<sup>1</sup>, Tilborg H.<sup>2</sup>, Huber M.<sup>3</sup>, Wolfer J.<sup>3</sup>, Fakir Y.<sup>4</sup>, Le Page M.<sup>5</sup> and Abourida A.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Agence du Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT)

<sup>2</sup>Coopération allemande (GTZ) Maroc

<sup>3</sup>Institut Fédéral allemand des Géosciences et Ressources naturelles (BGR) Maroc

<sup>4</sup>Faculté des Sciences, Université Cadi Ayyad (UCAM), Maroc

<sup>5</sup>Institut de Recherche et Développement (IRD) Maroc

Email: [fakir@ucam.ac.ma](mailto:fakir@ucam.ac.ma)

Au pied de l'Atlas, le bassin du Haouz, d'une superficie de 6000 km<sup>2</sup>, est une vaste dépression comblée par les produits de démantèlement de la chaîne atlasique. Il renferme la nappe du Haouz et son étalement occidental dans la zone de Mejjate. Il s'agit du réservoir aquifère le plus productif bassin du Tensift, mais également la plus sollicité.

Un système d'Aide à la Décision (SAD) pour la gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin du Haouz, est en cours d'élaboration. Le SAD a pour but, d'une part d'évaluer spatialement et temporellement la confrontation des différentes demandes sectorielles par rapport aux ressources superficielles et souterraines, et d'autre part d'élaborer des scénarii de gestion et aménagement.

L'implémentation du SAD a nécessité la conceptualisation des schémas de fonctionnement des systèmes hydriques, la reconstitution de l'évolution hydrologique et l'établissement de l'historique de la mise valeur de la plaine du Haouz et de l'utilisation des ressources en eau. Tous ces paramètres ont été chiffrés et compilés suivant un pas de temps mensuel pour la période 2001-2008.

La réalisation et le suivi de ce travail complexe sont coordonnés par l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT) dans le cadre du projet Maroco-Allemand AGIRE (GTZ-ABHT). Le projet de coopération entre le Centre Arabe pour l'Etude des Zones Sèches et Arides (ACSAD) et l'Institut Fédéral allemand des Géosciences et Ressources naturelles (BGR) soutient la mise en place du système. Le projet SUDMED associant l'Institut de Recherche et Développement (IRD) et l'Université Cadi Ayyad (UCAM) apporte les résultats de ses expérimentations dans le domaine de l'évaluation de la demande en eau spatialisée des cultures.

Le SAD est composé de plusieurs éléments.

le SIG du Haouz rassemble et d'organise l'ensemble des données qui seront utilisées dans les modèles ;

WEAP (Water Evaluation and Planning system) est l'outil intégrateur basé sur un bilan simplifié et spatialisé de l'eau. Une fois le bilan fermé, ses outils de production de scénario et analyses de politiques permettront d'évaluer des scénarii futurs ;

MODFLOW est le modèle de simulation des écoulements souterrains qui est couplé à WEAP. Il permet de suivre l'évolution hydrodynamique de la nappe et l'impact de l'exploitation sur la ressource en eau souterraine.

SAMIR (Satellite Monitoring of Irrigation) est l'outil d'estimation spatialisé de la demande en eau agricole par télédétection.

## **MONITORING OF REACTIVE FRONTS DURING WASTEWATER INFILTRATION IN UNSATURATED SOIL ZONE IN THE FRAMEWORK OF AN AQUIFER ARTIFICIAL RECHARGE PROCESS – PILOT SCALES STUDY**

**Besnard Katia<sup>1</sup>, Rampnoux Nicolas<sup>1</sup>, Casanova Joël<sup>2</sup>, Azaroual Mohamed<sup>2</sup> and Pettenati Marie<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Veolia Environnement Recherche & Innovation, 10 rue Jacques Daguerre, 92500 Rueil-Malmaison, France

<sup>2</sup>Brgm Service EAU, 3 Avenue C. Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2, France

Email: [j.casanova@brgm.fr](mailto:j.casanova@brgm.fr), [Katia.besnard@veolia.com](mailto:Katia.besnard@veolia.com), [Nicolas.rampnoux@veolia.com](mailto:Nicolas.rampnoux@veolia.com),  
[m.azaroual@brgm.fr](mailto:m.azaroual@brgm.fr), [m.pettenati@brgm.fr](mailto:m.pettenati@brgm.fr)

Climate change, population growth and economic development (in particular tourism) may be behind the acute tension over water resources, particularly in arid and semi-arid areas. In these areas, recourse to new sources of water has to be considered in order to safeguard the supply of drinking water. Wastewater reuse is a possible alternative and reliable resource. Artificial groundwater recharge using wastewater effluent accomplished by infiltration through the unsaturated zone appears then as one major solution to the recurrent issue of water scarcity. On one hand, artificial groundwater recharge is a simple way to restore water in the environment while allowing, for example, to maintain acceptable water supply levels, to alleviate salt water intrusion into coastal aquifers or to store water, conserving it from evaporation as opposed to storage in dams, and to make it available when water demand is high. On the other hand, infiltration and percolation of the wastewater effluent through the soil improve its quality. The unsaturated zone acts indeed as a natural reactive filter and can reduce or remove microbial and organic and inorganic contaminants through biogeochemical processes. However, reuse of wastewater to recharge aquifer presents a wide spectrum of health, environmental and technical challenges. Acceptance by the public and the potential users is also an important issue. Currently, the design and operation of these systems is based on the rules of thumb and experiences. There are no advanced technologies nor relevant numerical tools or guidelines allowing assisting the exploitation of such concept. Therefore, there is a strong need to develop such tools and guidelines that will help to assess (i) the fate of the contaminants through the soil and the estimation of the final water quality for given wastewater effluent and soil ; (ii) the evolution of the system with time. In order to improve our understanding of the key physical, biological and chemical phenomena controlling the efficiency of such process an integrated study is undergoing in a coastal aquifer in south-eastern France. A major goal of the project is to develop a numerical reactive transport tool in order to assess the final water quality in function of the given wastewater effluent and soil characteristics and to evaluate the necessary pre-treatment level. To validate the numerical model a pilot experiment has been carried out before industrial scale application. This experimental device aims to provide relevant data for evaluating the health and environmental harmlessness of artificial groundwater recharge using wastewater effluents. It allows analyzing in “real size” the displacement of the reactive fronts, their interaction, their amplification and even their attenuation. The device consists of a cylinder filled with 25 m3 of reconstituted soil and equipped with an automated monitoring system for physical and chemical parameters. This is completed with monthly water and soils sampling campaigns. We can then follow-up the physical, chemical and biological changes in the unsaturated zone as well as the chemical and biological composition of the final effluents.

## **POLY(VINYL ALCOHOL)/POLY(4-VINYLPYRIDINE) NOVEL METAL-CHELATING MEMBRANE FOR SORPTION AND FILTRATION OF Hg(II) FROM AQUEOUS SOLUTION**

**Bessbousse H.<sup>1,2</sup>, Rhilalou T.<sup>2</sup>, Verchère J.-F.<sup>1</sup> and Lebrun L.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>FRE 3101 CNRS, Université de Rouen, 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex, France

<sup>2</sup>Université Hassan Ier, FST de Settat, BP 577, Settat, Morocco

Email: [Haad.bessbousse@polytechnique.edu](mailto:Haad.bessbousse@polytechnique.edu), [h.bessbousse@gmail.com](mailto:h.bessbousse@gmail.com)

A novel PVA/P4VP complexing membrane for removal of Hg(II) ions from aqueous solutions represents a significant improvement over a previously reported PVA/PEI membrane. This membrane was prepared by the s-IPN technique, and its crosslinking by three different agents was studied. The best results were obtained with gaseous 1,2-dibromoethane at 140 °C for one hour, that gave a membrane with a swelling ratio of 0.66. The sorption reaction of Hg(II) followed a first-order rate law, and the rate-limiting step was shown to be the association of Hg(II) ions with the complexing sites of P4VP. Sorption experiments at pH 2.5 showed that the retention ratio could reach 100% under optimized conditions for the initial concentration of Hg(II) and mass of membrane,  $c_0 = 100 \text{ mg L}^{-1}$  and  $m_D = 100 \text{ mg}$ , respectively. The retention ratio was remarkably insensitive to water hardness or the presence of NaCl, suggesting possible use for the purification of real wastewaters. The retention capacity of the membrane was  $450 \text{ mg g}^{-1}$  compared to  $311 \text{ mg g}^{-1}$  reported for the PVA/PEI membrane. Sorption isotherms were determined at various temperatures, according to the Langmuir model, for the determination of the thermodynamical parameters. When T increased, mercury uptake at equilibrium did not change, whereas the sorption coefficient b decreased and  $\Delta G_0$  decreased. This result is probably due to a large favourable entropic effect, ascribed to the displacement of protons from the protonated sites of P4VP while they bind with Hg(II) ions. The membrane could be regenerated by 0.5 M HNO<sub>3</sub> with less than 3% loss of efficiency. The membrane was used for filtration experiments. The elimination ratio was 99.9% or more for filtration of Hg(II) solutions in the  $c_0 = 16.6\text{-}89.1 \text{ mg L}^{-1}$  range.

**Keywords:** Mercury, Poly(4-vinylpyridine), Poly(vinyl alcohol), Membrane, Sorption

## **L'INTÉRÊT DE L'ASSAINISSEMENT AUTONOME POUR LA PRÉSERVATION DU SUD ALGÉRIEN**

**Bessenasse Mohamed<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université de Blida, B.P 26 D Hadjout, Tipaza, Algérie.

Email: [bessenasse@yahoo.fr](mailto:bessenasse@yahoo.fr)

En absence de réseau collectif, les eaux usées d'habitations sont collectées dans des fosses individuelles destinées à être vidangées régulièrement. Ces fosses n'étant pas étanches, l'eau s'infiltré directement dans le sol par le radier et pollue ainsi la nappe. Cette situation représente un danger permanent de contamination par les bactéries à transmission hydrique MTH. Le but de l'expérimentation est de promouvoir les techniques d'assainissement autonome pour l'épuration des eaux usées domestiques. Le site de Ain Louissig au sud de la wilaya de Ghardaïa a été retenu en 1994 pour une première expérimentation en Algérie, jusqu'à nos jours aucune autre réalisation de grande importance n'est venue s'ajouter. La filière expérimentale d'assainissement se compose de deux fosses septiques en série suivie d'un filtre à sable vertical drainé. Ce dernier est conçu de manière à utiliser en alternance deux surfaces filtrantes.

Le site expérimental est situé dans un lotissement à 70 Km de Ghardaïa au sud Algérien. Le nombre de logements raccordés au site expérimental est de 30 de type F4. Chaque famille est composée de 04 à 06 enfants et de 02 adultes. L'expérimentation répond aux besoins d'un lotissement semi – collectif. Après pratiquement dix ans de fonctionnement de cette filière, ses performances et ses



défaillances incitent – elles à la vulgarisation de ce système ? Ce que nous tenterons d'expliciter avec l'exemple de Ain –Louissig dans cet article.

Pour ce qui concerne l'Algérie, les éléments d'une crise environnementale sont perceptibles, que ce soit au nord ou bien au sud. Il est temps donc d'envisager de nouvelles stratégies de planification, de préservation et de gestion des ressources en eau et enfin la protection de l'environnement, l'ensemble représente la base du développement durable pour un pays en voie de développement.

**Mots-clés** : fosse septique, rejet, épuration, filtre, DBO, DCO, pollution, préservation.

## LE DÉSSALEMENT EN ALGÉRIE : UNE OBLIGATION OU UN CHOIX

**Bessenasse Mohamed<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université de Blida, B.P 26 D Hadjout, Tipaza. Algérie.

Email: [bessenasse@yahoo.fr](mailto:bessenasse@yahoo.fr)

Suivant les données statistiques, le nombre d'habitants en Algérie va doubler dans les trente années à venir, alors que les ressources hydriques conventionnelles n'auront pas changé. La situation hydrique surtout dans les villes littorales reflète nettement un état de sécheresse, qui dure depuis plus de deux décennies. Le dessalement se présente comme une solution efficace face au sérieux problème de pénuries d'eau. En effet, par le phénomène de la littoralisation, la plus grande partie de la population et des activités économiques se trouvent le long des 1200 km de côte. Les conditions tout à fait particulières de la mer méditerranée (eau fraîche à 19°C et salinité moyenne, alors que les eaux du golf sont à 30°C et très salées) font que les coûts d'exploitation des stations implantées en méditerranée sont plus économiques et les rendements plus élevés. La méthode par osmose inverse a été adoptée pour les stations implantées, puisque cette méthode donne de bas prix grâce à l'amélioration des technologies, des membranes plus performantes et à durée de vie plus longue. Le coût global du mètre cube ne dépasse pas 0,5 Euro, ce qui est très intéressant.

En somme, l'option dessalement d'eau de mer nous semble la solution incontournable face à l'état de sécheresse que vit le pays.

**Mots-clés** : Dessalement, Osmose inverse, Sécheresse, Station, Ressource, Coût.

## MODÉLISATION MATHÉMATIQUE DE LA SÉDIMENTATION DES RETENUES DE BARRAGES

**Bessenasse Mohamed<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université de Blida, B.P 26 D Hadjout, Tipaza, Algérie.

Email: [bessenasse@yahoo.fr](mailto:bessenasse@yahoo.fr)

L'envasement des barrages en Algérie réduit rapidement et considérablement leur volume utile. En effet, le taux d'envasement moyen annuel est très élevé, il peut atteindre pour certaines retenues des valeurs de l'ordre de 5%. La prédiction de ce phénomène est alors primordiale afin de cerner son intensité, et définir les actions nécessaires à sa minimisation. A cet effet, l'utilisation de modèles mathématiques prédictifs constitue un outil intéressant, en particulier pour le choix de l'implantation des nouveaux projets de construction des retenues.

Sur la base de ces différents modèles existants, dans le contexte Algérien, seules quelques retenues ont et pourront être soumises à des observations suffisantes.

Le modèle hydraulique développé est bidimensionnel horizontal. Il est appliqué sur la retenue de Zardezas de la région de Skikda en Algérie.

Les résultats de telles simulations permettent d'avoir des informations simultanées sur la sédimentation des retenues existantes, en voie de réalisation ou bien encore prévisionnelles. Pour ce

dernier cas, il est possible de simuler des situations de sédimentation à différents emplacements de futures retenues, afin de décider de la meilleure variante, ce qui contribue fortement au développement durable sur le plan hydrique, et représente un paramètre important dans la définition d'une stratégie pour la préservation des ressources en eau.

En définitif, le modèle numérique adopté peut constituer un outil de travail pour les responsables d'exploitation des retenues et au-delà un appui à la gestion et la préservation des ressources en eau à l'échelle du Maghreb Arabe.

**Mots-clés** : modèle – hydrogramme de crue – sédiments – barrage – préservation.

## TRENDS IN ROMANIAN STREAMFLOW IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

**Birsan Marius-Victor<sup>1</sup> and Zaharia Liliana<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Institute of Hydrology and Water Resources Management, Bucharest, Romania

<sup>2</sup>Faculty of Geography, University of Bucharest, Romania

Email: [marius.birsan@gmail.com](mailto:marius.birsan@gmail.com)

Streamflow records from 60 undisturbed watersheds in Romania are analyzed for trends with the Mann-Kendall nonparametric test in three study periods (1951-2000, 1961-2000, 1971-2000), in order to analyze the annual and seasonal changes in the daily streamflow distribution.

To discriminate trends from stochastic fluctuations and from the influence of serial correlation in the time series, the series presenting positive lag-1 serial correlation after detrending were prewhitened by applying a first order autoregressive filter to the data prior to trend analysis.

The statistical significance of trends is tested for each station on an annual and seasonal basis and for different streamflow quantiles. Identified trends in streamflow are then related to the observed changes in precipitation and air temperature, and correlated with the basin attributes (area, mean altitude, mean slope, basin shape index, river density, mean soil depth, mean SCS curve number, mean annual precipitation, percentage of forest and rock coverage).

Finally, a bootstrap procedure is applied for testing the field significance of trends.

**Keywords:** trends, streamflow, Romania, Mann-Kendall, climate change

## APPORT DES SIG DANS LA CARACTÉRISATION HYDROCHIMIQUE DE LA NAPPE DU CRÉTACÉ INFÉRIEUR DE LA RÉGION D'AIN-SEFRA – ATLAS SAHARIEN OCCIDENTAL – ALGÉRIE

**Bouanani A.<sup>1</sup>, Rahmami A.<sup>1</sup>, Baba-Hamed K.<sup>1</sup> et Boukli C.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire 25, Université Abou Bekr Belkaïd, BP 119, 13 000 Tlemcen, Algérie.

Email: [a\\_bouananidz@yahoo.fr](mailto:a_bouananidz@yahoo.fr)

Les eaux souterraines des grès du Crétacé inférieur (Barremo-Albo-Aptien) constituent actuellement les principales ressources pour l'alimentation en eau potable de la ville d'Ain Sefra et la localité de Tiout, ainsi que l'eau pour l'irrigation qui représente la principale activité socio-économique de la région, et dont le nombre de points d'eau n'a cessé d'augmenter d'une année à l'autre avec une demande croissante pour la création de forages de moyenne profondeur.

Les débits des forages d'une profondeur allant de 150 m à 250 m, varie entre 05 l/s et 85 l/s.

Des analyses physico-chimiques effectuées à travers les forages, puits et sources captant les grès du Crétacé inférieur de la région, ont permis d'identifier quatre principaux faciès chimiques avec des minéralisations se situant entre 500 mg/l et 3500 mg/l.

La potabilité des eaux de consommation suivant les normes algériennes fixées par la Norme NA 6360-1992 varie d'une eau de très bonne qualité à mauvaise.

Le travail présenté dans cette contribution s'articule sur la connaissance des eaux souterraines de la nappe du Crétacé Inférieur de la région d'Ain Sefra par l'apport des systèmes d'information géographiques, tout en spécifiant la thématique sur la lithostratigraphie, la tectonique, l'hydrodynamique et l'hydrochimie. Ceci a permis la délimitation des différentes nappes, à savoir celles de l'Albien, du Barremo-Aptien et du Néocomien, tout en faisant ressortir une esquisse hydrogéologique, ainsi qu'une carte de potabilité des eaux de la région.

## **IMPACT DE L'ACTIVITÉ PETROLIÈRE SUR LA NAPPE DU MIO-PLIOCÈNE DANS LE CHAMP DE HASSI MESSAOUD**

**Bouanani Abderrazak<sup>1</sup>, Boudjema Abderrazak<sup>2</sup>, Baba-Hamed Kamila<sup>1</sup>, Guettaia Sabine<sup>3</sup>**

<sup>1-3</sup>Laboratoire 25, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, Algérie

<sup>2</sup>SONATRACH et Dpt. des Sciences de la Terre, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, Algérie

<sup>3</sup>Département des Sciences de la Terre, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen, Algérie

Email: [a\\_bouananidz@yahoo.fr](mailto:a_bouananidz@yahoo.fr), [kambabahamed@yahoo.fr](mailto:kambabahamed@yahoo.fr), [Baryte2003@yahoo.fr](mailto:Baryte2003@yahoo.fr)

L'activité pétrolière ne cesse de croître et atteindre un stade de développement considérable dans les domaines de recherche et de production des hydrocarbures, cette situation génère des sources de pollution qui peuvent nuire à la nature et à la qualité de vie. Parmi ces sources de pollution à Hassi Messaoud, les rejets liquides constitués par les eaux résiduelles des centres de traitement des Hydrocarbures et lors des réalisations des forages. Ce type de rejet engendre d'une manière directe, la pollution du sol, caractérisée par des teneurs élevées d'Hydrocarbures et de métaux lourds. Nous avons essayé à travers cette étude de proposer une carte de vulnérabilité à la pollution du champ de Hassi Messaoud qui constituera un élément de base à toute implantation future de forage pétrolier ou d'activité industrielle.

**Mots-clés:** Activité pétrolière, nappe, boue de forage, borbier, DRASTIC.

## **SUSTAINABLE RIVERS AUDIT – AN ASSESSMENT OF THE HEALTH OF THE MURRAY–DARLING BASIN RIVERS**

**Bouckaert Frederick<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>SRA Coordinator, Natural Resources Management Division, Murray–Darling Basin Authority, GPO  
Box 1801 Canberra ACT 2601, Australia

Email: [frederick.bouckaert@mdba.gov.au](mailto:frederick.bouckaert@mdba.gov.au)

The Murray–Darling Basin drains over one million km<sup>2</sup> of south-eastern Australia but its mean annual discharge is only 4500 GL, reflecting a mainly arid catchment and water diversions to support irrigated crops and pastures. The Sustainable Rivers Audit provides independent river condition assessments to inform the development and implementation of management initiatives within the Basin, in particular the new Basin Plan required under the federal Water Act 2007. It is implemented by the Murray–Darling Basin Authority in partnership with the five basin states.

Based on a conceptual framework developed in 2001 the SRA was piloted for three years when methods and analyses were refined, and the program began in earnest in 2004. To date the SRA includes data on 82,060 fish and 294,308 macroinvertebrates sampled from randomly-selected sites and hydrological data from 496 sites.

The SRA recently completed the first basin-wide assessment of river condition, based on hydrology, fish and macroinvertebrate themes for 2004–2007. River ecosystem health was assessed by combining information about the status of environmental indicators in each of the 23 SRA valleys

within the basin. Monitoring of vegetation and physical form has been initiated and will be reported in the next basin-wide assessment.

The paper presents the results of river health assessments for the 23 valleys, river health comparisons among valleys and an overall assessment of the basin's river health. It also includes an overview of the conceptual foundations and framework for the SRA, its methods, compliance and quality assurance, and plans for future enhancements.

## **SPATIALISATION DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR DANS LES MONTAGNES ATLASIQUE À L'AIDE DES DONNÉES DE L'INFRAROUGE THERMIQUE**

**Boudhar A., Duchemin B., Hanich L., Boulet G., Simouneaux V. et Chehbouni A.**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech, Av. A. Khattabi, BP. 549, Marrakech, Maroc

<sup>2</sup>CESBIO (Université de Toulouse, CNRS, CNES, IRD), 18 Av. Edouard Belin BPI 280 Toulouse cedex 4, France.

Email: [boudhar22@yahoo.fr](mailto:boudhar22@yahoo.fr)

En hydrologie nivale, la température de l'air est le principal facteur de partition des précipitations liquides et solides. Ainsi, elle constitue le facteur majeur qui contrôle les échanges énergétiques à la surface et dans le manteau neigeux. A cet effet, une connaissance optimale de sa distribution spatio-temporelle peut être intéressante pour des objectifs de modélisation hydrologique. Plusieurs techniques de spatialisation des données climatiques ont été développées dans différentes zones du monde. Ces méthodes deviennent plus complexes pour les zones montagneuses où le climat est lié à différents facteurs. Ainsi, l'application de ces méthodes nécessite un réseau de stations météo dense et plus représentatif à l'échelle spatiale. C'est dans ce contexte que nous avons étudiés la possibilité de spatialiser la température de l'air dans les montagnes du Haut Atlas à partir des données satellite et un modèle numérique de terrain (MNT). Les données infrarouge thermique issues des images Landsat ETM+ et un MNT ont été servies pour initier le modèle de spatialisation de température de l'air (MSPAT). Ce dernier met en considération les différents facteurs topographiques (altitude, pente et exposition) et l'effet de l'angle d'élévation solaire. Afin d'évaluer ce modèle, les simulations des températures de l'air à l'échelle local et spatial par ce modèle sont comparées avec celles obtenues avec le modèle de gradient d'altitude (GRAD). À l'échelle des stations météo disponible, les températures simulées par les deux modèles sont similaires. À l'échelle spatiale, dans le bassin versant de Rheraya avec une importante hétérogénéité topographique, les modèles sont évalués par les surfaces de neige (SCA) estimées. Ces dernières sont comparées avec les SCA calculées à partir des données MODIS. Les résultats montrent que le modèle MSPAT améliore considérablement les simulations des SCA. L'approche développée ici peut être intéressante pour des applications hydrologiques, spécialement pour la modélisation de la fonte des neiges à l'échelle du bassin versant.

**Mots-clés :** Landsat ETM+, Température de l'air, Hydrologie nivale.

## CHIMIE DES PLUIES EN ALGÉRIE OCCIDENTALE (ORAN)

**Boudjemline Djamel<sup>1</sup>, Bounkhala Naïma<sup>1</sup> et Loÿe-Pilot Marie Dominique<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Hydrologie et Ressources en Eau, USTO, Algérie

<sup>2</sup>CERES/ERTI, ENS, 24 rue Lhomond 75005 Paris, France

Email: [boudjemline@univ-usto.dz](mailto:boudjemline@univ-usto.dz)

Les apports atmosphériques par les pluies sont mesurés à Oran (ouest algérien) à une station expérimentale implantée en 1998. La région est caractérisée par un climat de type méditerranéen semi aride. La pluviométrie annuelle sur la période 1998-2008 est inférieure à 400 mm (de 230 à 380 mm). Nous présentons ici les résultats de la chimie de la phase dissoute sur 2 ans (octobre 2002 à septembre 2004). 49 événements pluvieux ont été enregistrés. Le pH varie de 6.9 à 8.2 avec une moyenne de 7.4. La concentration moyenne pondérée des différentes espèces suit l'ordre suivant:  $\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{SO}_4^{2-} > \text{NH}_4^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{NO}_3^- > \text{K}^+$ . Le facteur de neutralisation montre que les ions  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{NH}_4^+$  jouent un rôle important dans le processus de neutralisation dans la région. Le facteur d'enrichissement par rapport à l'eau de mer indique que  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{SO}_4^{2-}$  ont une origine non marine. L'analyse en composantes principales montre que le facteur 1 représente l'influence des aérosols marins alors que le facteur 2 représente la pollution.

**Mots-clés:** chimie des pluies, Oran, Algérie, analyse statistique.

## UTILISATION DES SIG POUR LA CARACTÉRISATION DE LA VULNÉRABILITÉ À LA POLLUTION. APPLICATION À LA NAPPE CÔTIÈRE DE LA RÉGION DE JIJEL (NORD-EST ALGÉRIEN)

**Boufekane A.<sup>1</sup> et Saighi O.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique, BP 31 Blida, Algérie.

<sup>2</sup>Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie

Email: [boufekane\\_ab@yahoo.fr](mailto:boufekane_ab@yahoo.fr)

Pour caractériser la vulnérabilité à la pollution des nappes phréatiques, une amélioration de la méthode DRASTIC classique universellement utilisée, est proposée ici. Cette nouvelle technique, en plus des paramètres relatifs à la recharge, tels le type de sol et la topographie, l'épaisseur et la nature de la zone non saturée, lesquels conditionnent le transfert de la pollution de la surface du sol vers la nappe, fait intervenir de façon plus déterminante les aspects liés à la perméabilité de la nappe. En effet, la caractérisation de la vulnérabilité d'une nappe au transfert horizontal d'une pollution l'ayant atteinte (appelée aussi sensibilité à la pollution) dépend grandement des paramètres propres à la zone saturée, tels la vitesse des écoulements souterrains, la qualité de l'eau de saturation et la productivité de la nappe. La notion de vulnérabilité est alors étendue à des paramètres relatifs à la zone saturée de l'aquifère.

Cette nouvelle méthode d'approche de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines est appliquée ici à la nappe côtière de la région de Jijel (Nord-Est algérien) qui renferme une importante réserve hydrique de la région. Son application a été réalisée grâce à l'utilisation du logiciel MapInfo qui a permis l'élaboration d'un Système d'Information Géographique (SIG), ayant permis de synthétiser une masse considérable de données géologiques, hydrogéologiques, géophysiques ou autres...

La base des données utilisées à cet effet, a été constituée lors d'une enquête de terrain puis complétée par le rassemblement d'informations collectées au niveau des divers services concernés par ce problème (Agence Nationale des Ressources Hydriques, Direction Hydraulique de la Wilaya, Direction des Services Agricoles, ...). Elle comporte notamment :

une campagne piézométrique effectuée au mois de septembre 2008 (156 points d'eau) et les résultats d'essais de pompages réalisés dans 56 forages ;

des rapports géophysiques (cartes de résistivités apparentes, de résistances transversales et coupes géo électriques) et agro-pédologiques (cartes et profils pédologiques) ;

Une esquisse géologique et des logs géologiques de forages ;

Les relevés météorologiques nécessaires à l'estimation de l'infiltration par l'établissement du bilan hydrologique local, etc.

Les résultats de cette étude montrent que l'aquifère étudié, traversé de l'ouest à l'est par les oueds Mencha, Djendjen et Nil se caractérise dans son ensemble, par une vulnérabilité-sensibilité à la pollution, moyenne à élevée. Ce sont surtout les champs des captages les plus productifs (jusqu'à 320 l/s), situés le long des oueds, qui constituent les secteurs les plus sensibles. Dès lors, la mise en place de périmètres de protection autour de ces sites devient indispensable et urgente.

**Mots-clés** : Pollution, vulnérabilité, sensibilité, SIG.

### SIGNAL D'ENTRÉE DANS LA PLANTE EN CONDITIONS DE DISPONIBILITÉ HYDRIQUE HOMOGENE ( $^2\text{H}$ , $^{18}\text{O}$ )

**Boujamlaoui Z.<sup>1</sup>, Bariac T.<sup>2</sup>, Baghdad B.<sup>1</sup> et Bouabdellaoui Y.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département des Ressources Naturelles et Environnement (DERNE).IAV Hassan II, Rabat. Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire de Biogéochimie et Ecologie des Milieux Continentaux. INA-PG/UPMC, Paris France

Email: [z.boujamlaoui@iav.ac.ma](mailto:z.boujamlaoui@iav.ac.ma) / [z.boujamlaoui@yahoo.fr](mailto:z.boujamlaoui@yahoo.fr)

Les travaux de Boujamlaoui (1993) et de Bariac et al. (1994), ont mis en évidence la variabilité spatiale et temporelle du signal d'entrée dans la plante. Les travaux de Boujamlaoui et al. (2005) ont avancé l'hypothèse, que selon les conditions hydriques du sol et les paramètres climatiques, la profondeur des couches sollicitées par l'absorption racinaire peut varier au cours d'une même journée et par conséquent, la plante va mobiliser l'eau d'alimentation là où la dépense énergétique est la plus faible, lorsque celle-ci se trouve en confrontation à un stress hydrique et climatique. Il est difficile de faire valider une hypothèse à partir de quelques données du milieu naturel sans passer par leur validation en milieu contrôlé et réciproquement. La chambre de culture que nous avons utilisée « Réacteur RUBIC » fonctionne avec le même principe que la chambre C23A avec quelques modifications pour permettre le marquage isotopique des interactions entre la plante et son environnement ( $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  et  $^{13}\text{C}$ ). L'avantage de ce réacteur est de permettre de subdiviser le continuum sol-plante-atmosphère en compartiment de taille petite et convenable ce qui autorise le contrôle et la régulation des paramètres climatiques (température, humidité relative de l'air, teneur en gaz carbonique, vent, rayonnement...), sous différentes conditions de disponibilité hydrique pour la plante (homogène ou hétérogène).

Lors de la première expérience en condition de disponibilité hydrique homogène, tout le réseau racinaire a été plongé dans la même solution nutritive de composition chimique et isotopique déterminée. Les paramètres climatiques et hydriques sont régulés de telle sorte que la plante ne subit aucun stress climatique et édaphique. La solution nutritive est maintenue à un potentiel de l'ordre de 0.25 Mpa et à une teneur isotopique de l'ordre de -6.1 ‰ pour l'oxygène-18. Les paramètres climatiques sont maintenus constants (23°C pour la température et 72% pour l'humidité relative de l'air). Quatre lampes de 400 w apportent le flux d'énergie lumineux nécessaire à la plante.

La vapeur issue de la transpiration de la plante est prélevée par piégeage cryoscopique. Les échantillons sont récupérés par gravité pour des quantités suffisante (plus de 1 ml) et par extraction sous vide pour de faibles quantités.

Lors de cette expérience nous avons montré que l'état stationnaire isotopique est atteint après seulement 2 heures de début de l'expérience, et que la signature isotopique de l'eau absorbée par le réseau racinaire est identique à celle de la vapeur d'eau transpirée par le couvert végétal.

### SIGNAL D'ENTRÉE DANS LA PLANTE EN CONDITIONS DE DISPONIBILITÉ HYDRIQUE HÉTÉROGÈNE ( $^2\text{H}$ , $^{18}\text{O}$ )

**Boujamlaoui Z.<sup>1</sup>, Bariac T.<sup>2</sup>, Bouabdellaoui Y.<sup>1</sup> et Baghdad B.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département des Ressources Naturelles et Environnement (DERNE). IAV Hassan II, Rabat. Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire de Biogéochimie et Ecologie des Milieux Continentaux. INA-PG/UPMC, Paris France

Email: [z.boujamlaoui@iav.ac.ma](mailto:z.boujamlaoui@iav.ac.ma), [z.boujamlaoui@yahoo.fr](mailto:z.boujamlaoui@yahoo.fr)

Au sein du réacteur RUBIC (Paris France), nous avons effectué une expérience d'évapotranspiration en condition de disponibilité hydrique hétérogène pour la plante. Le principe de cette expérience repose sur le partage du système racinaire de chaque plante du couvert végétal en 2 parties. Chaque partie est mise dans un compartiment contenant une solution caractérisée par une signature isotopique spécifique et un potentiel hydrique distinct. Le but est de placer la plante dans les conditions similaires du milieu naturel avec une partie du réseau racinaire développé dans les couches de surface caractérisées par des teneurs en eau relativement moins importantes et des teneurs isotopiques enrichies en isotopes lourds que les couches profondes avec des teneurs en eau plus importantes et des teneurs en isotopes lourds moins enrichies que les couches de surface.

La moitié du réseau racinaire est installée dans le compartiment A (compartiment sans contrainte osmotique) et l'autre moitié dans le compartiment B (compartiment avec contrainte osmotique croissante). Le compartiment A est le compartiment témoin avec une teneur isotopique de  $\delta^{18}\text{O} = +3.1\text{‰}$  et un potentiel hydrique qui ne dépasse pas  $-0.25\text{ MPa}$ . Dans le compartiment B, on a fait varier le potentiel hydrique en fonction du temps de  $0\text{ MPa}$  à  $-1.5\text{ MPa}$ . La teneur isotopique de la solution du compartiment B est de  $\delta^{18}\text{O} = -7\text{‰}$ .

Par simple équation de mélange, nous pouvons déterminer la proportion d'eau absorbée par les racines dans chaque compartiment :

$$\delta_C = P \delta_A + (P - 1) \delta_B$$

$\delta_A$ ,  $\delta_B$  et  $\delta_C$  : respectivement teneur en isotopes lourds du compartiment A, du compartiment B et de la vapeur d'eau issue du couvert végétal.

Par ajout de PEG (solution de Polyéthylène glycol) à la solution nutritive du compartiment B et par la mesure du signal isotopique de la vapeur issue de la transpiration, nous avons observé que le flux d'absorption provient de plus en plus du compartiment non stressant.

Les résultats de ces expériences nous ont permis de valider l'hypothèse qui suppose que la plante réagisse face à un stress hydrique par la mobilisation de sa réserve en eau là où la dépense énergétique est la plus faible. En milieu naturel la plante absorbe de l'eau de plus en plus dans les couches profondes du sol lorsque la demande climatique devient importante. Donc, nous pouvons conclure que l'évolution du signal isotopique enregistré dans l'eau d'absorption racinaire au cours d'un cycle nyctéméral est la conséquence de la variation de la quantité d'eau prélevée par les racines en relation avec la demande climatique.

Cette observation ne va pas sans conséquence sur les modèles isotopiques de circulation générale atmosphérique (Koster et al., 1993, Hoffmann et al., 1998) qui admettent que l'eau d'absorption racinaire n'évolue pas et garde la signature isotopique des précipitations.

## CONTRIBUTION À L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE ET HYDROCHIMIQUE DE LA NAPPE DES OULAD BOU SBAA, PROVINCE DE CHICHAOUA, MAROC

**Boukhari K.<sup>1</sup>, El Mandour A.<sup>1</sup>, Laftouhi N.<sup>1</sup> et Limam N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire GEOHYD, Département de Géologie, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi  
Ayyad, Maroc

<sup>2</sup>Agence du Bassin Hydraulique de Tensift Marrakech (ABHT), Maroc

Email: [khalidhydro@gmail.com](mailto:khalidhydro@gmail.com)

Devant l'accroissement rapide de la démographie ainsi l'amélioration du niveau de vie des populations qui engendre un développement économique et social, nécessitent proportionnellement un accroissement des besoins en eau. Toutefois, la sécheresse des années successives accompagnant la rareté et l'irrégularité des apports annuels aussi bien en eaux superficiels qu'en eaux souterraines ont retardé cet accroissement (ABHT, 2006) et posent un vrai problème de gestion des ressources en eaux.

Cela se traduit clairement dans notre secteur d'étude (plaine des Oulad Bou Sbaâ) où le développement économique est basé essentiellement sur l'agriculture nécessitant une mobilisation importante des ressources en eau. Ce développement coïncide en revanche avec l'effet de sécheresse persistante depuis le début des années 1980.

Le bassin des Oulad Bou Sbaâ est situé à 25 km vers le Sud Ouest de Chichaoua, limitée par Sidi El Mokhtar au Nord, Oued M'Rameur au Nord Ouest, l'axe X= 160 m à l'Est et le Parallèle Y= 90 m au Sud.

Les données climatologiques nous a permis de déduire que la plaine a un climat semi aride qui tend vers l'aridité, caractérisé par des précipitations faibles et variables dans le temps et dans l'espace et des températures élevées principalement au cours des mois d'été, qui indique un réchauffement continu de la plaine. Ceci agit directement sur les cours d'eau qui sont souvent à sec à cause de la faiblesse des apports hydriques.

L'étude géologique et géophysique ont montré la simplicité de la structure géologique et d'éclaircir la structure et la géométrie de principal aquifère du bassin (Eo-crétacé). En effet, l'analyse des forages traduit que la nappe est circulée dans un bassin de sédimentation fermé ayant l'aspect d'une large dépression (structure synclinale) et dont les bordures sont constituées par des formations calcaires secondaires et tertiaires et par des calcaires Eo-Crétacé de Chichaoua. La structure en un synclinal limité par les lithologies précédentes, est bien marquée dans les profils sismiques par le biais de ses configurations parallèles, chaotiques, sourdes, obliques et sigmoïdes.

Sur le plan hydrogéologique, la nappe des Oulad Bou Sbaâ présente les meilleurs transmissivités qui traduisent sa bonne productivité avec, des débits fournis dépassent les 15 l/s, ceci montre les fortes potentialités de ce réservoir pour le secteur d'étude. Cependant, les mesures des profondeurs d'eau par rapport au sol et le niveau piézométrique, ont montré que la plaine subit un changement du niveau piézométrique dû aux fortes exploitations au niveau de Sid Mokhtar et au niveau de Tlet el Hanchane induisant une augmentation de profondeur remarquable dans toute la plaine.

La nappe des Oulad Bou Sbaâ présente également une bonne qualité chimique, avec des conductivités faibles induisant ses faibles minéralisations qui prennent différentes origines, notamment le phénomène de dissolution et/ou précipitation de la Halite qui marque une corrélation normale en ses éléments Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> qui engendre une salinité (conductivité élevée) de certains puits.

**Mots-clés :** Plaine des Oulad Bou Sbaâ, climat semi aride, synclinal, configurations sismique, transmissivité et qualité chimique.



## IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES RESSOURCES HYDRIQUES DU BASSIN VERSANT DE L'OUERGHA (RIF-MAROC)

**Boukrim S.<sup>1</sup>, Lahrach A.<sup>1</sup> et Chaouni A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Géoscience et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Fès.

<sup>2</sup>Faculté Polydisciplinaire de Taza,

Email: [siham-hydro@hotmail.com](mailto:siham-hydro@hotmail.com), [abderrahimlahrach@gmail.com](mailto:abderrahimlahrach@gmail.com), [alichaouni@yahoo.fr](mailto:alichaouni@yahoo.fr)

Le bassin versant de l'Ouergha couvre 7300 Km<sup>2</sup> au versant Sud rifain. Sa proximité de l'Atlantique et son climat méditerranéen lui ont permis le développement d'un riche couvert végétal, et ses reliefs lui confèrent d'être la région la plus pluvieuse du Maroc. L'imperméabilité de ses terrains formés essentiellement des marnes crétacés lui empêche d'avoir des ressources en eau souterraines. Cependant, les ressources en eau de surface du bassin de l'Ouergha sont vulnérables vis-à-vis de plusieurs aléas naturels, notamment le changement climatique et anthropiques, surtout la surexploitation et la mauvaise gestion.

Cette étude se focalise sur l'impact du changement climatique mis en évidence par un réchauffement de 0,15 °C/an et un déficit pluviométrique d'environ 4 mm/an observé de 1982/83 au 2007/08 qui forme la période la plus sèche qu'a connu la bassin de l'Ouergha.

Le débit mensuel d'écoulement est irrégulier et très variable aussi bien dans le temps que dans l'espace. La lithologie et l'altitude sont les plus importants facteurs qui conditionnent la réponse du bassin versant aux pluies reçues par des écoulements irréguliers, agressifs en hivers trop faibles voir absent en été.

La comparaison entre les deux périodes : 1957/58-1982/83 et 1982/83-2007/08 montre que la diminution des débits des oueds suit le même sens que l'évolution des pluies, qui représentent la force motrice de l'écoulement des eaux à la surface du bassin. Ces débits jaugés au niveau des stations de l'Ouergha ont diminué en relation avec les déficits hydrologiques considérables oscillant d'une station à l'autre de 40,8% à 49,5%.

Le rapport entre la lame d'eau tombée et celle ruisselée montre un déficit d'écoulement de 368,27 mm pendant les 25 ans de sécheresse et donc 15,4 m<sup>3</sup> / ans. Le coefficient de ruissellement de 49,43% montre que 50% de cette eau n'a pas subit d'écoulement mais sûrement s'est évaporée et évapotranspirée puisqu'elle ne peut pas s'infiltrer.

Cette situation critique que connaissent les ressources en eau du bassin versant de l'Ouergha, exige une bonne gestion pour minimiser leurs pénuries surtout avec l'accentuation de la sécheresse météorologique, d'où un ensemble de perspectives et de recommandations sont proposées.

**Mots-clés** : Changement climatique, Ressources hydriques, Bassin versant, Ouergha

## ÉVALUATION DES IMPACTS DES BOUES D'ÉPURATION SUR LES ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS: AVANTAGES ET RISQUES

**Bourioug Mohamed<sup>1</sup>, Alaoui-Sossé Laurence<sup>1</sup>, Raouf Naoufal<sup>1</sup>, Benbrahim Mohamed<sup>1</sup>, Laffary Xavier<sup>1</sup>, Badot Pierre-Marie<sup>1</sup> et Alaoui-Sossé Badr<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université de Franche-Comté, Besançon, France

Email: [mohamed.bourioug@univ-fcomte.fr](mailto:mohamed.bourioug@univ-fcomte.fr)

Dans la perspective d'un développement économique et social durable et en tenant compte de son accroissement démographique, le Maroc doit développer une politique de gestion des ressources en eau qui tienne compte de la fragilité et de la parcimonie de cette ressource. Pour mener à bien cet objectif, il apparaît essentiel d'assurer un retraitement croissant des eaux usées, qu'elles soient d'origines industrielle ou urbaine. Ce traitement au sein de stations d'épuration (STEP) génère un résidu sous forme de boues qui peut être valorisé en qualité de fertilisant. En effet ces

boues sont riches en matière organique et en éléments minéraux et pourraient de ce fait constituer un amendement utilisable en agriculture. Cet usage répandu en Europe durant les dernières décennies se heurte aujourd'hui à des réticences de la part des agriculteurs soutenus par l'opinion publique car les boues de STEP contiennent également des Composés Traces Organiques (CTO) et des Eléments Traces Métalliques (ETM) qui, par leur nocivité pour les systèmes vivants, pourraient bien contrebalancer l'effet bénéfique d'un apport de nutriments. De plus, ces composés présentent le risque de se répandre dans l'ensemble de l'écosystème par le jeu des chaînes trophiques et d'atteindre et de contaminer la nappe phréatique à la suite de phénomènes de lixiviation. Une solution alternative à l'épandage agricole envisagée en Europe et en France en particulier consisterait à épandre ces boues en milieu forestier. Les débouchés non alimentaires des produits forestiers permettraient en effet de minimiser les risques de contamination humaine. De plus, les sols forestiers étant dans la majeure partie des cas des sols pauvres, un apport de matière fertilisante pourrait permettre d'améliorer la productivité des parcelles. Cependant, la possibilité de contamination par les CTO et les ETM évoquée précédemment doit néanmoins là encore être prise en considération et il s'avère donc nécessaire d'évaluer le rapport entre le bénéfice tiré de l'amendement et le risque pour l'ensemble de l'écosystème constitué par ces composés.

Afin d'apporter des éléments de réponse à cette problématique et de permettre ensuite de prendre des décisions politiques à cet égard, la France a mis en place depuis 1999, un réseau de stations expérimentales, le réseau ERESFOR, au sein duquel sont collectées des données sur l'effet d'apport de boues de STEP en parcelles forestières.

Le site de Mélisey (Haute-Saône, Nord-Est de la France) est l'un des sites de ce réseau ERESFOR. Il s'agit d'une plantation de Mélèzes âgés de 10 ans sur laquelle un apport de boue de STEP provenant du traitement d'eaux usées urbaines a été réalisé. L'apport de boues liquides à raison de 3 tonnes de MS.ha-1.an-1 a été effectué sur 5 placettes en Juillet 2009.

L'un des objectifs principaux de ce travail est de mettre en évidence une éventuelle lixiviation des éléments minéraux majeurs (azote, phosphore) et une possible dispersion des ETM dans l'ensemble de l'écosystème et plus particulièrement vers les strates profondes du sol et vers la nappe phréatique. Dans ce but, après avoir réalisé une cartographie simplifiée du terrain, des piézomètres et des bougies poreuses ont été disposés dans les parcelles traitées ainsi que dans des parcelles témoin n'ayant pas reçu de boue. Un suivi de la hauteur de la nappe ainsi que des prélèvements mensuels de la solution du sol à différentes profondeurs sont prévus afin d'y mesurer les concentrations en éléments majeurs et en ETM. Dans le même temps divers paramètres écophysologiques seront suivis sur les jeunes Mélèzes (intensité photosynthétique, teneur en chlorophylle, en éléments minéraux et en ETM des aiguilles, croissance des troncs...) tandis que l'effet d'apport de boues sur la production du sous-bois et sur sa biodiversité sera déterminé.

Afin de compléter les expérimentations sur le terrain, une expérience en conditions contrôlées a été initiée en parallèle sur de jeunes mélèzes âgés d'un an et cultivés en pots. Les arbres ont été répartis en trois lots, un lot témoin, un lot B1 ayant reçu l'équivalent de 30 tonnes de MS.ha-1.10 ans-1 et un lot B2 ayant reçu l'équivalent de 60 tonnes de MS.ha-1.10 ans-1. Les premiers résultats obtenus après 45 et 90 jours d'exposition aux boues, montrent que l'azote reste immobilisé dans l'horizon supérieur du pot qui est enrichi de 1,5 (traitement B1) à 2 fois (traitement B2). De la même façon les ETM demeurent dans la couche supérieure. Seul le cuivre présent à forte concentration dans les boues manifeste une tendance à migrer vers les horizons sous-jacents dans les pots du traitement B2. Sa mobilité, favorisée par le pH acide du sol, n'est cependant pas significative dans les pots du traitement B1. Du point de vue du développement, après un léger effet dépressif dû au stress hypoxique temporaire qui accompagne l'apport massif de boue liquide en un court laps de temps dans le traitement B2, on constate que l'amendement par les boues de STEP a un effet bénéfique sur le développement des jeunes Mélèzes des traitements B1 et B2 3 mois après l'épandage. La croissance des parties racinaires et des parties aériennes ainsi que la production de biomasse est stimulée chez ces plants

Les premiers résultats obtenus au cours de ce travail tant sur le terrain qu'en conditions contrôlées, semblent indiquer des effets plutôt bénéfiques de l'amendement par les boues de STEP. La propagation d'ETM et/ou d'éléments majeurs vers le reste de l'écosystème et vers les strates profondes n'a pas pu être démontrée sur un laps de temps de 3 mois après épandage. Ces résultats doivent néanmoins être complétés par des observations sur des durées beaucoup plus longues afin d'obtenir une conclusion fiable. Par ailleurs aucune mesure n'a été faite concernant les CTO qui pourraient cependant bien constituer un risque majeur de ces épandages de boues de STEP issues d'eaux urbaines.

### **IMPACT POLLUTIONNEL DES ÉLÉMENTS CHROMEUX ET COMPOSÉS AZOTÉS SUR LES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIONNAIRE D'EL-MILIA (NORD-EST ALGÉRIEN)**

**Bourzama Abdelhafid<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de géologie et de l'environnement, Département des sciences de la terre  
Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire  
Université Mentouri - Constantine. Algérie  
Email: [abdelhafidbourzama@yahoo.fr](mailto:abdelhafidbourzama@yahoo.fr)

Le thème intéresse la vulnérabilité d'une nappe alluviale, alluvionnaire ceinturée par des reliefs à matériaux cristallins et appartenant à un climat méditerranéen humide (1200 mm/an), d'altitude moyenne de 100 m sur la mer et distante de 15 km de la mer.

La dite pollution menaçant l'aquifère, d'ailleurs très peu profond est surtout industrielle du type rejets-polluants de tannerie-mégisserie et de céramique sanitaire dont leurs effluents chimiques et biologiques sont injectés dans la nature à même la nappe.

Notons toutefois pour exemple d'éléments lourds les composés chromeux et les acides utilisés, non moins toxiques, tels que les acides sulfuriques H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, formiques HCOOH, les émaux, les dérivés d'hydrocarbures, diluants, résines, laques, et coetera

Là, est une véritable menace humaine à l'horizon d'où le suivi des éléments chromeux et composés azotés ayant fait l'objet d'analyse et qui ont permis une meilleure connaissance de leur origine, de leur distribution et de l'évolution de ces éléments polluants.

**Mots-clés** : Pollution, chrome, composés azotés, nappe alluviale, milieu poreux.

### **IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA QUALITÉ DES EAUX PROFONDES DE LA NAPPE DE DRADER**

**Boutaleb S.<sup>1</sup>, Bouchaou L.<sup>1</sup>, Lgourna Z.<sup>1</sup>, Edoulati N.<sup>1</sup> et Hsissou Y.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de la Géologie Appliquée et Géo-Environnement (LAGAGE), Faculté des sciences  
Université Ibn Zohr Agadir, Maroc  
Email: [saidboutaleb1@yahoo.fr](mailto:saidboutaleb1@yahoo.fr)

L'étude d'impact de l'environnement sur la qualité des eaux de la nappe profonde de l'oued Drader s'est basée sur une analyse des données géologique, hydrogéologique et socio-économique existantes.

Une comparaison des caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe superficielle, relativement exposée aux divers type de pollutions (agricoles, industrielle et anthropique) et celles des eaux de la nappe profonde nous a permis de conclure que cette dernière est protégée contre toute pollution de surface par la couche d'argiles intermédiaire sauf dans sa partie d'alimentation située à l'est du village Lalla Mimouna.

Le calcul des indices de saturation par rapport aux différentes phases minérales montre que les eaux de la nappe profonde sont sous-saturées par rapport à ces phases.

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la nappe profonde sont d'excellente qualité d'après les normes de potabilité marocaines.

La deuxième partie de cette étude sera consacrée à l'étude géophysique par prospection électrique dans la zone de Lalla Mimouna.

**Mots-clés** : Nappe Drader, Pollution, Qualité eaux, Agriculture.

### **CARACTÉRISATION HYDROCHIMIQUE ET APTITUDE DES EAUX DE LA NAPPE MIO-PLIO-QUATÉNAIRE DU SYNCLINAL NORD DE RÉGION DE DJELFA (ALGÉRIE)**

**Bouteldjaoui Fatah<sup>1</sup>, Bessenasse Mohamed<sup>2</sup> et Guendouz Abdelhamid<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centre universitaire de Djelfa, Département d'Agropastoralisme, Cité Ain Chih,  
BP 3117 (17000)

<sup>2</sup>Université Saad Dahlab, Blida, Algérie

Email: [theldjaoui@yahoo.fr](mailto:theldjaoui@yahoo.fr)

L'objectif de ce travail est l'étude hydro chimique des eaux souterraines, ainsi que leurs aptitudes à l'irrigation. Dans ce sens deux campagnes d'échantillonnage ont été réalisées en Mai 2005 (basses eaux) et Octobre 2005 (hautes eaux).

Les résultats obtenus de l'étude hydro chimique ont permis de mettre en évidence que la quasi totalité des points d'eaux étudiés sont caractérisés par la prédominance des faciès chimiques sulfaté-magnésien et sulfaté-calcique. D'autre part l'étude de l'aptitude des eaux à l'irrigation, montre que la quasi- totalité des points d'eaux étudiés appartiennent à la classe C3-S1, caractérisant une eau convenant à l'irrigation des cultures tolérantes aux sels, sur des sols bien drainés ; cependant l'évolution de la salinité doit être contrôlée.

En fin, la cartographie des principaux paramètres physico-chimiques traduisant la variation spatiale des teneurs des différents éléments dans la nappe, met en évidence que le secteur localisé au niveau de partie centrale de la zone d'étude caractérisée par des zones dépressionnaires ou en forme de cuvette tels que Daiet Tisselouine, Dar Chioukh présente une minéralisation élevée qui dépasse 1200 mg/l (compagne octobre 2005)

**Mots-clés** : Mioplioquaternaire, Hydrochimie, ACP, Irrigation.

### **LA GESTION DE L'EAU D'IRRIGATION DANS LA VALLÉE DE M'ZAB**

**Bouزيد Amel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centre de Recherche en Economie Appliquée pour le Développement Alger, Algérie

Email: [ambzdz@yahoo.fr](mailto:ambzdz@yahoo.fr)

Le développement des oasis s'est effectué durant des millénaires, par le renforcement des systèmes d'irrigations traditionnels. Elles présentent désormais des routes d'échanges entre le sud et le nord.

Cet espace transitionnel dépend d'une utilisation efficace et économe de l'eau, notamment des techniques d'irrigation. A l'heure actuelle, ceci est un des objectifs majeurs des politiques agricoles et hydrauliques du pays. En effet les chiffres d'extension des superficies irriguées en goutte à goutte seraient passés entre 2000 et 2008 de 8800 ha à 187700 ha d'après les données du MADR.

Le présent travail aurait donc pour principal objectif d'effectuer une étude comparative entre les exploitants des techniques du goutte à goutte et des non adoptants de la technique au niveau du

vallée de M'Zab. On tentera également à travers cette étude, de faire ressortir les facteurs qui ont favorisé l'adoption et les principales causes du délaissement de ces techniques chez les non adoptants, et d'évaluer ainsi le degré de conscience envers la rareté future de l'eau chez les agriculteurs de cette région. Pour finir, on essayera d'établir des recommandations pour inciter les non adoptants à utiliser cette technique.

**Mots-clés :** Techniques d'irrigation, Goutte à goutte, Economie de l'eau, Irrigation traditionnelle.

## **DEVELOPING HYDRO-SOURCES FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY IN TURKEY: THE SOUTHEASTERN ANATOLIA PROJECT (GAP) AS A CASE STUDY**

**Bulent Acma<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Anadolu University, Department of Economics, Unit of Southeastern Anatolia Project (GAP), 26470  
Eskisehir, Turkey

Email: [bacma@anadolu.edu.tr](mailto:bacma@anadolu.edu.tr)

The Southeastern Anatolia Project (GAP), one of the most important projects for develop remarkable natural resources of the world, is accepted as a change for getting benefit from rich water and agricultural resources of the Southeastern Anatolia Region.

The GAP Project has been considered as a regional development projects through years, but the dimensions of sustainability, protection of environment and participatory have been attached to the master of the project in recent years.

When the GAP Project is completed, the Upper Mesopotamia, the centers of many civilisation, will re-again its importance as it had in the ancient times, and will be alive a center of civilisation. Moreover, when the problem of water shortage and water supplies in the world for the future is kept in mind, the importance of Southeastern Anatolia's water supplies will be doubled. For this reason, the GAP Project, developed by depending on water and natural resources of the region, will have an important place in the world.

The aim of this study is to introduce the region with rich natural resources and the GAP Project. For this reason, firstly, the natural potential of the region will be introduced. Second, The GAP Project will be presented in details. In the third stage, the projects being processed for protecting the natural sources and environment will be analyzed. In the last stage, strategies and policies to develop and to protect the natural resources of the region in short, mid, and long terms will be proposed.

JEL Codes: Q2, Q3, N55, O53

**Keywords:** Natural and Water Resources, Turkey, Southeastern Anatolia Region and Southeastern Anatolia Project (GAP).

## **MODIS CLOUD MASK FOR SNOW MAPPING OF NORTHERN PAKISTAN**

**Butt Mohsin Jamil<sup>1</sup> and Shahzad Muhammad Imran<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Climate Snow and Hydrology Research Group (CSHRG), Department of Meteorology COMSATS  
Institute of Information Technology, Islamabad-44000

Email: [mohsin\\_jamil@comsats.edu.pk](mailto:mohsin_jamil@comsats.edu.pk)

Snow covered area derived with the help of images acquired through satellite is significant parameter in snow hydrology, whereas conventional way to estimate snow cover involves measurement of precipitated snow fall or snow depth at number of locations. An average amount of snow cover estimated with these limited measurements can give erroneous results. Therefore it is found that remotely sensed data is more reliable and is the ultimate choice for developing countries. A

most important constraint for deriving snow covered area through satellite sensor is to discriminate snow from clouds. To estimate the ability of the sensor to map snow in such conditions requires a unique criteria to identify only snow covered areas. In this study ability of the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) to map snow in Northern Pakistan through its snow-mapping algorithm "Snowmap" will be investigated. Snow cover mapping algorithms based on land cover information were developed and compared with MODIS snow product for the period of 2000 to 2008. Algorithms involved the use of Normalized Difference Snow Index (NDSI), water pixel removal, dark pixel removal and cloud masking based on liberal approach. It is found that algorithm was successful in identifying snow in Northern Pakistan. Individual analysis showed that the algorithm was successful in identifying snow even in the presence of clouds where ice or water at sub pixel level may falsely indicate cloud. On average manual assessment classified more pixels as snow as compared to the MODIS snow product. In comparison to the pixels involving clouds MODIS snow product has identified more pixels as cloudy.

### MANAGEMENT OF WATER USE EFFICIENCY IN IRRIGATED AGRICULTURE

**Bziava Konstantine<sup>1</sup>, Odilavadze Tamaz<sup>2</sup>, Katsarava Teimuraz<sup>3</sup>, Hoogenboom Gerrit<sup>4</sup>,  
Yeghiazaryan Gurgen<sup>5</sup>, Verdiyev Rafiq<sup>6</sup> and Imanov Farda<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Georgian State Agrarian University, Tbilisi, Georgia

Email: [k\\_bziava@yahoo.co.uk](mailto:k_bziava@yahoo.co.uk)

The effective use of water resources on the basis of introduction of modern technological schemes of irrigation and complex of agrotechnical actions is the basic strategic goal of the project entitled "Water Resources Management in Agroecosystems in the South Caucasus Transboundary regions (Armenia, Azerbaijan, Georgia)" which is carried out under the financial support of NATO Science for Peace program. For definition of an effective use of irrigation water and its influence on a final crop, comparison of three different irrigation technologies (gravity irrigation, drip irrigation and drip irrigation in combination with mulching) has been conducted. Optimum quantity of submitted irrigation water was defined according to the evapotranspiration which was determined using the ET gage and Blaney-Criddle and Penman-Monteith methods recommended by FAO Irrigation and Drainage Paper 56.

Given experiment has revealed that in case of use of three different methods of irrigation technology, a parameter of efficiency of use of irrigation water will be changed according to which relation between an effective use of irrigation water for plants and final crop is defined easily. Thus the model offered by us "water-crop" will be adapted.

**Keywords:** drip irrigation, crop water requirements, conservation, cash crops

### LUTTE CONTRE LA DÉSSERTIFICATION: L'EXPÉRIENCE DE L'ALGÉRIE

**Chabani Abdelmadjid<sup>1</sup>, Bekkouche Abdelmalek<sup>2</sup> et Abdelaziz Yazid<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des sciences et de la Technologie, Département d'Architecture, de Génie civil et d'hydraulique, Université de Béchar, Algérie.

<sup>2</sup>Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Département de Génie Civil, Université Aboubakr Belkaïd, Tlemcen, Algérie.

Email: [madjchsah@yahoo.fr](mailto:madjchsah@yahoo.fr)

De nombreuses sources relatent la définition donnée par la Convention des Nations Unies de Lutte contre la Désertification (CNULD) adoptée en 1994. La convention stipule que : «la désertification est la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et semi-humides

sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines».

La dégradation des terres est à son tour définie par UNCCD comme étant la diminution ou la disparition de la productivité biologique ou économique des terres.

L'Algérie, en tant que pays dont le territoire est majoritairement aride et semi-aride, est particulièrement vulnérable aux effets des changements climatiques. Le pays souffre du phénomène de la désertification.

En matière de lutte contre la désertification et la déforestation, l'Algérie a mis en place un Plan National de Développement Agricole et Rural (PNDAR) auquel elle a intégré le Plan National de lutte contre la Désertification et le Plan National de Reboisement, qui en constituent deux composantes essentielles de la Stratégie Nationale de développement Durable.

Ce travail dont le thème fondamental est l'expérience algérienne en matière de lutte contre la désertification se compose des parties suivantes:

Les causes de la désertification en Algérie.

Les zones touchées par la désertification en Algérie

L'expérience Algérienne en matière de lutte contre la désertification.

**Mots-clés:** Zones arides, désertification, lutte contre la désertification, développement durable.

## **SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE ET D'AIDE À LA DÉCISION POUR LA GESTION INTÉGRÉE DES EAUX DE BÉNI ABBÈS (SUD OUEST ALGÉRIEN)**

**Chabani Abdelmadjid<sup>1</sup>, Bekkouche Abdelmalek<sup>2</sup> et Allali Merwan<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des sciences et de la Technologie, Département d'Architecture, de Génie civil et d'hydraulique, Université de Béchar, Algérie.

<sup>2</sup>Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Département de Génie Civil, Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen, Algérie.

<sup>3</sup>Université François Rabelais, Tours, France.

Email: [madichsah@yahoo.fr](mailto:madichsah@yahoo.fr)

La région de Béni Abbès observe actuellement un développement démographique important qui a pour conséquence directe, un accroissement continu des besoins en eau. La satisfaction de ces besoins se traduit par une sollicitation de plus en plus forte des eaux souterraines qui constituent l'unique ressource d'approvisionnement en eau de l'oasis de Béni Abbès. Cependant la ressource en eau à Béni Abbès est limitée et demeure vulnérable, tant du point de vue quantitatif (face à la demande agricole, industrielle et humaine) que du point de vue qualitatif (vulnérabilité aux pollutions). En conséquence, la gestion intégrée de cette ressource s'impose. Elle permet le développement coordonné de l'eau afin de promouvoir et d'une manière équitable le bien-être économique et social sans compromettre la pérennité des écosystèmes vitaux.

Notre objectif est la conception et mise en œuvre d'un système d'information géographique (SIG) et d'un système d'aide à la décision (SAD) qui permettent d'améliorer la capacité des institutions à piloter efficacement la gestion intégrée de l'eau de Béni Abbès.

**Mots-clés:** Eau, besoins, gestion intégrée, SIG, SAD.

## GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU DU SOUS BASSIN VERSANT AMONT DE L'OUED BOUSSELLAM. (SÉTIF, NORD-EST ALGÉRIEN)

**Chaffai H.<sup>1</sup>, Boulgueraguer Z.<sup>1</sup>, Djorfi S.<sup>2</sup> et Djabri L.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie ;

<sup>2</sup>Laboratoire de Ressources Naturelles et Aménagement, Faculté des Sciences de la terre ;

<sup>3</sup>Laboratoire de Sécurité Environnementale et Alimentaire, Faculté des Sciences ;

Université Badji Mokhtar - 23000, Annaba.

Email: [hichamchaffai@yahoo.fr](mailto:hichamchaffai@yahoo.fr)

Dès l'année 1996, l'Algérie s'est dotée d'une nouvelle politique de l'eau. Cette nouvelle orientation est fondée sur l'émergence d'un esprit de concertation entre les intervenants dans le domaine de l'eau et la détermination d'objectifs communs, d'axes d'intervention claires et de propositions d'actions bien concrètes.

Un des piliers de cette politique est la gestion intégrée des ressources en eau à l'échelle des bassins versants. Il n'y a pas d'autres issues possibles si l'on veut assurer la pérennité des ressources pour le bénéfice des générations actuelles et futures et atteindre la conciliation des usages dans une perspective de satisfaction des besoins légitimes de la population et des écosystèmes aquatiques.

Le sous bassin de Boussellam amont occupe une grande partie de la wilaya de Sétif, et le reste s'étend sur la wilaya de Bordj Bou Arreridj, d'une superficie de 1785 Km<sup>2</sup>, et une population de 691 mille habitants, englobe un potentiel hydrique important.

La moyenne pluviométrique atteint les 390 mm/an sur l'ensemble du sous bassin, traduisant un apport globalement très important de l'ordre de 764 millions de m<sup>3</sup> par an. Ce potentiel se trouve malheureusement confronté à d'importants problèmes de gestion et de la maintenance des ouvrages hydrauliques mis en place, réduisant ainsi le volume de mobilisation à moins de 55 millions de m<sup>3</sup> par an.

En outre, le sous bassin dans sa partie centrale est purement dominé par l'industrie lourde polluante, favorisant une dégradation accélérée et continue de la qualité des eaux superficielle et souterraine. Aussi, une pollution agricole dans Les hautes plaines n'est pas à exclure.

Au vu de cette situation angoissante, nous essayons pour la première fois d'appliquer les concepts d'une gestion intégrée et durable des ressources en eau, en se basant sur un diagnostic quantitatif et qualitatif des potentialités hydriques dans le bassin, pour arriver à mettre les grands axes de cette nouvelle vision qui a pour but d'améliorer la gestion actuelle de l'eau, en favorisant une meilleure harmonisation entre les divers besoins et intérêts des communautés humaines et ceux des écosystèmes aquatiques, et éviter des lendemains catastrophiques

**Mots-clés :** Sous Bassin Versant, Oued Boussellam, Gestion Intégrée, Eau, Sétif.

## VULNÉRABILITÉ DE LA RESSOURCE EN EAU ET DÉFIS DU DÉVELOPPEMENT DURABLE DU BASSIN D'ESSAOUIRA

**Chamchati, H.<sup>1</sup>, Bahir, M.<sup>1</sup>, Chkir, N.<sup>2</sup> et Carreira, P.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Hydrogéologie, Dép. Géologie, Faculté des Sciences Semlalia, Bd Prince My Abdellah, BP ; 2390, Marrakech, Maroc.

<sup>2</sup>Laboratoire de Radio-Analyse et Environnement, Dép. Géographie, Faculté des Lettres et sciences Humaines de Sfax, Tunisie.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico e Nuclear, Sector de Química, Estrada Nacional 10, 2686-953 Sacavém, Lisboa, Portugal.

La zone synclinale d'Essaouira fait partie des zones semi-arides du Maroc qui sont soumises aux incidences des conditions climatiques et des pressions anthropiques. Dans le cas de cette zone côtière, qui comprend deux aquifères principaux superposés ; le Plio-Quaternaire et le Turonien, la



vulnérabilité qui en découle est accentuée par le risque de l'infiltration marine. Les précipitations dans la zone ne dépassent pas les 300 mm/an en moyenne, la température moyenne oscille autour de 20°C, la carte piézométrique du bassin synclinal d'Essaouira a été réalisée, différents échantillons d'eau ont été recueillis en octobre 2009 après des précipitations exceptionnelles, toutes les eaux présentent un faciès chloruré sodique, l'interprétation des minéralisations indique l'alimentation par l'oued Ksob au NE et l'augmentation des teneurs en chlorures dans la partie centrale engendrée par le diapir caché d'Essaouira. Des teneurs excessives en nitrates ont été relevées, ainsi qu'en chlorures après les pluies de l'hiver 2009. La conductivité électrique et les concentrations en  $^{18}\text{O}$  et  $^2\text{H}$  ont été mesurées, une ligne météorique locale a été déterminée conforme à l'origine atlantique des précipitations. Le bassin d'Essaouira est plus vulnérable aux sécheresses climatiques car sa recharge est entièrement dépendante des eaux météoriques.

**Mots-clés** : Essaouira, aquifère, piézométrie, recharge, hydrochimie, Isotopie, intrusion marine, régions semi-arides.

### **ÉLABORATION DE LA CARTE DE SENSIBILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES À LA POLLUTION. APPLICATION À LA NAPPE DU SOUSS AU NIVEAU DU CHAMP CAPTANT SUD (GRAND AGADIR - SUD DU MAROC)**

**Cherkaoui Dekkaki H.<sup>1</sup>, Sahbi H.<sup>2</sup>, Lamrhary A.<sup>3</sup>, Larabi A.<sup>4</sup> et El yamine N.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Société PHENIXA - Rabat - Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire de Géophysique appliquée et Hydrogéologie, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc

<sup>3</sup>Direction de l'assainissement et de l'environnement - O.N.E.P., Rabat, Maroc

<sup>4</sup>École Mohammadia d'Ingénieurs - Université Mohammed V, Rabat, Maroc

Email: [h.cherkaoui@phenixa.com](mailto:h.cherkaoui@phenixa.com), [hcherkaouidekkaki@menara.ma](mailto:hcherkaouidekkaki@menara.ma)

Du fait du rôle stratégique de la nappe phréatique du Souss dans le développement socio-économique de la région du Sud du Maroc, l'Office National de l'Eau Potable (O.N.E.P.) en collaboration avec l'École Mohammadia d'Ingénieurs, a procédé à l'élaboration de la carte de sensibilité de cette nappe particulièrement au niveau des deux principaux champs captant Sud et Ahmar Boudhar, implantés respectivement dans la partie aval et médiane de ladite nappe phréatique. Pour cette fin, une combinaison multiplicative de deux descripteurs : vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution et agressivité des différents foyers de pollution des eaux souterraines, a été effectuée. Ces foyers de pollution sont de type : agricole, industriel, domestique et urbain. L'approche ainsi adoptée, a pour objectif principal de concevoir à l'échelle du champ, une carte indiciaire relative à la sensibilité des eaux souterraines à la pollution en rassemblant les indices globaux par classes. Une application de cette méthode multicritère est effectuée, sur la nappe phréatique du Souss particulièrement au niveau du champ captant Ahmar Boudhar, moyennant le Système d'Information Géographique (S.I.G.) et la télédétection.

**Mots-clés** : Sensibilité des eaux souterraines, Vulnérabilité intrinsèque des eaux souterraines à la pollution, Agressivité des foyers de pollution, Champ captant, Télédétection, etc.

## APPLICATION DES TRANSFORMÉES EN ONDELETTES À L'ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES AQUIFÈRES ATLASIQUES SAHARIENS

**Chettih M.<sup>1</sup>, Mouattah K.<sup>1</sup> et Mesbah M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département de Génie Civil, Université de Laghouat, B.P 37. G 03000, Laghouat, Algérie.

<sup>2</sup>Département de géologie, F.S.T. G.A.T, U.S.T.H.B., B.P. 32 El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie.

Email: [m\\_chettih@yahoo.fr](mailto:m_chettih@yahoo.fr)

Cette étude consiste en une analyse du fonctionnement des aquifères atlasiques sahariens. Les formations gréseuses et carbonatées mésozoïques représentant les aquifères les plus importants de l'Atlas Saharien constituent des systèmes aquifères hétérogènes complexes à porosité multiple, pour lesquels l'organisation fissurale induit souvent une spécificité de structure et de fonctionnement. Dans cette étude, la non-stationnarité des signaux pluies et débits est mise en évidence par l'introduction de l'analyse en ondelettes. Les spectres à petites échelles, des précipitations et des débits, en ondelettes de Morlet, ont permis de mettre en évidence des processus à hautes fréquences présentant une forte variabilité temporelle moins visible pour les débits. Cependant, l'influence des crues s'étend profondément dans la gamme des échelles.

A grande échelle, les spectres révèlent la présence de certains processus bien localisés en temps, correspondant à des processus multi-annuels. Il apparaît clairement que les processus débits sont des processus non-stationnaires dont la distribution varie temporellement à toutes les échelles.

Les analyses multirésolution en ondelettes de Daubechies ont montré une répartition non uniforme dans le temps est à travers les échelles à court et à moyen terme. Certains niveaux ont permis de mettre également en évidence des processus multi-annuels. Les systèmes aquifères de l'Atlas Saharien sont très peu sensibles aux fluctuations des précipitations pour les courtes périodes, mais, les phénomènes pluri-annuels les influencent fortement.

Les méthodes d'analyse fractale de signaux temporels ont été également appliquées aux données de pluies et débits. Cette analyse a été couplée à une analyse multirésolution préalable permettant de mettre en évidence dans le signal une partie incluant les phénomènes à court terme et une deuxième partie incluant les phénomènes à plus long terme. Cette analyse a permis de mettre en évidence dans les signaux journaliers des composantes ayant une dimension fractale bien déterminée.

## CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES SOURCES DU BASSIN VERSANT DU SEBOU AMONT

**Cholli M.<sup>1</sup>, Jerdioui A.<sup>1</sup> et Benaabidate L.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géorressources et Environnement, FST – Fès, Maroc

Email: [mourad\\_2509@yahoo.fr](mailto:mourad_2509@yahoo.fr)

Le bassin versant de Sebou est considéré comme l'un des plus importants bassins du Maroc par l'importance de son réseau hydrographique et la diversité de ses unités hydrogéologiques. La grande superficie du bassin versant et sa grande extension géographique lui assure diverses formations hydrogéologiques, allant des dépôts anciens du Paléozoïque jusqu'aux dépôts récents du Plio-quadernaire. Certaines de ces formations, par leurs dimensions et leurs natures lithologiques peuvent constituer d'importants réservoirs potentiels.

Les sources étudiées se répartissent sur trois domaines structuraux différents à savoir la plaine de Fès-Meknès et la plaine de Fès-Taza et le Moyen Atlas qui est considéré comme le château d'eau du Maroc.

La diversité des aquifères de ce bassin est à l'origine d'une multitude de faciès chimiques de ces eaux. Celles de la nappe de Fès-Taza sont, en général, chloruré sodique. Par contre, la majorité des eaux de la plaine de Fès-Meknès sont bicarbonatées calciques ou magnésiennes. Avec quelques

sources chlorurées sodiques situées à la limite des rides sud rifaines, ces derniers, sont probablement la principale origine par leur nature lithologique.

Les eaux des nappes du Moyen Atlas sont bicarbonatées calciques et magnésiennes suite à la nature lithologique qui est principalement dolomitique. Ces sources étudiées présentent des eaux de qualité, généralement, dure à très dure pour la consommation humaine. Alors que, pour l'utilisation en agriculture, la majorité est d'une qualité moyenne convenable à l'irrigation. La répartition des éléments majeurs dans la zone étudiée montre que l'abondance en certains éléments est, généralement, fonction de la nature lithologique du réservoir.

**Mots-clés** : Sebou amont, sources, physico-chimie, diversité des aquifères.

## **ADAPTATION MECANISMS TO CLIMATE CHANGE IN TWO CONTRASTING RURAL COMMUNITIES IN MOROCCO**

**Chriyaa A.<sup>1</sup>, Laamari A.<sup>1</sup>, Nassif F.<sup>1</sup>, Ben Aouda H.<sup>1</sup>, El Mzouri E.<sup>1</sup>, Boughlala M.<sup>1</sup>,  
El Amiri B.<sup>1</sup>, Saloui A.<sup>2</sup> and El Ouali A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centre Régional de la Recherche Agronomique de Settat, Morocco

<sup>2</sup>Université Hassan II, Mohammadia, Morocco

<sup>3</sup>Climagryd Consult

Email: [chriyaaa@yahoo.fr](mailto:chriyaaa@yahoo.fr)

The poorest and most marginalized communities in Morocco live in arid and semi-arid rural areas, and are largely dependent on agriculture (cropping and ruminant husbandry) for their livelihood and food security. Already subject to episodic drought, increased climate variability is expected to exacerbate poverty and undermine socioeconomic gains made in recent decades in these vulnerable communities. This project aims to enhance the adaptive capacity of two poor rural communities (one in the plain and one in the mountain) vulnerable to the effects of climate change. Building on assessments of past and projected climate change impacts on agricultural systems, natural resources and local residents, the research team will analyze risk behaviour under different climatic scenarios and strengthen local capacity to identify and formulate appropriate technical, institutional and policy options. Generated information will be provided to decision makers for the development of appropriate strategies for the attenuation and adaptation to climate change impacts. The research will also support the development of community-based action plans.

Preliminary results of climate analysis showed that, over the last five decades, average rainfall has significantly decreased in the two communities, with a tendency of temperature increase.

With respect to the question of what impacts have climate changes had on natural resources and production systems of the communities, population answers were unanimous: water availabilities are decreasing (less rain, the water table is deeper, water streams are drying, snowing period is shortening, snow covers are shrinking), no cereal grain harvest in the plain since 1996, the vegetative cover in the rangeland and the forest is very degraded, some crops and varieties have disappeared, etc. Adaptations measures taken by the communities include: introduction of new high return crops (water melon, olive and apple trees, lucerne, vegetables), digging new wells and deepening existing ones, adopting drip irrigation technique, reduction of small ruminant flocks in favour of dairy cattle, abandon of farming by many small farms, sale of agricultural land, seasonal migration from the countryside to the cities, development of ecotourism related jobs, ...

These adaptation measures were lately discussed with population representatives and it was made clear that some of them are not sustainable.

Interviews with different categories of the population revealed that there is a serious lack of information dissemination with respect to appropriate technologies, financial aids and subsidies which

could be the main reasons. Thus, several topics were identified with the local population as subjects for a training program that has already been launched.

Other ongoing investigations by the project team are tackling individual and community decision-making processes, livelihood status evolution and gender aspects as affected by climate changes.

**Keywords:** climate change, adaptation, rural communities, production systems.

## **TRANBOUNDARY WATER RESOURCES MANAGEMENT BETWEEN TUNISIA, ALGERIA AND LIBYA "AQUIFER NWSAS"**

**Chulli Badia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Water Researches and Technologies Center, Borj-Cedria, Technopark, BP 273, Tunis, 8020, Tunisia.

Email: [bchoulli@yahoo.fr](mailto:bchoulli@yahoo.fr)

The North Western Sahara Aquifer System (NWSAS), shared by Algeria, Libya and Tunisia contains considerable water reserves, which are nevertheless lowly renewable and not fully exploitable. During the last thirty years, the exploitation of NWSAS waters by drilling increased from 0.6 to 2.5 billion m<sup>3</sup>/an. Because of the non-concerted withdrawal multiplication, the resources is now confronting many risks such as water salinity, artesianism reduction, natural discharge depletion, piezometric level fall, or interferences between countries, thus seriously threatening the sustainability of socio-economic development in the entire zone.

In the face of such risks, a cooperation process between the three countries sharing the NWSAS water resources is crucial. This is the spirit of the NWSAS project facilitated and implemented by the Sahara and Sahel Observatory (OSS) in collaboration between the three countries. The joint work has focused its program on the scientific stakes in the first place, enabling a significant knowledge improvement of the aquifer system, based on information exchange and a joint definition of working hypotheses among the three countries. The simulations by the mathematical model built within such framework have highlighted the most vulnerable areas in the medium and long terms. They have also enabled identifying new withdrawal zones that could increase the current exploitation while ensuring risk control through a reinforced consultation among the three countries.

To this effect, the scientific cooperation is gradually leading to the establishment of a formal institutional framework for the management of shared water resources among the three countries, i.e. the consultation mechanism.

This paper presents the main obtained results from the implementation of the different components of the project: Hydrogeological data collection, analysis, and synthesis; elaboration of a common database and an information system; development and exploitation of the NWSAS mathematical model and the regional sub-models; establishment of a consultation mechanism for the basin joint management, socio-economic study; and environmental study.

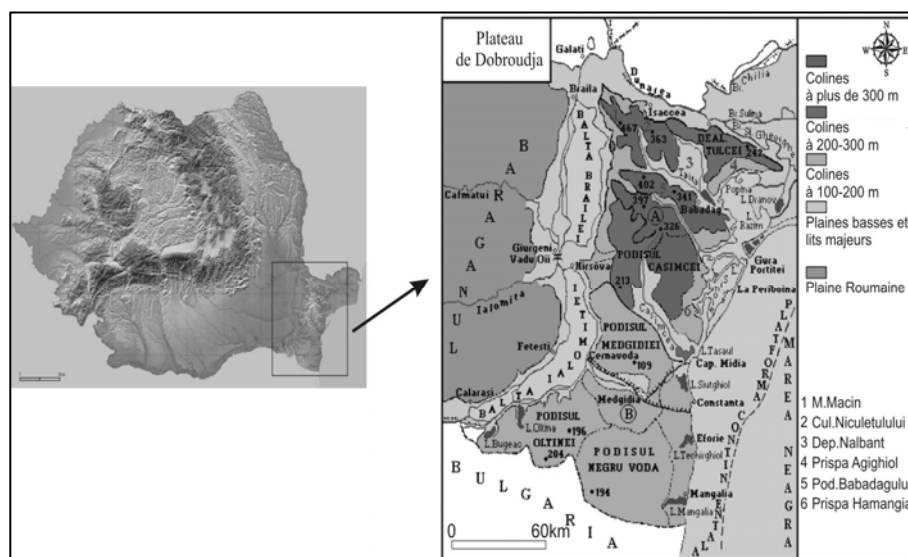
## **LA RELATION ENTRE LA MORPHOMÉTRIE ET L'ÉROSION DES QUELQUES BASSINS VERSANTS DANS LE PLATEAU DE DOBROUDJA**

**Comanescu Laura<sup>1</sup> et Nedelea Alexandru<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculty of Geography, University of Bucharest, Romania

Email: [lauracomanescu@yahoo.com](mailto:lauracomanescu@yahoo.com), [alexnedelea10@yahoo.com](mailto:alexnedelea10@yahoo.com)

Le plateau de Dobroudja est situé dans le sud-est de la Roumanie, ayant la hauteur maximale de 476 m. Il est caractérisé par une grande diversité litologique (des granites, des granodiorites, des schistes quartzeux, schistes verts, des grés, des loess), des roches dans lesquelles les bassins hydrographiques sont encadrés d'une manière différente.



Plusieurs bassins représentatifs (d'ordre différent dans le système Horton Strahler) ont été choisis pour lesquels on a réalisé des mesurèments détaillés au terrain, on a calculé différents paramètres morphométriques (la longueur des versants, largeur, altitude moyenne, paramètres de forme etc.) et on a réalisé des corrélations entre ceux-ci et le processus d'érosion.

L'érosion a été quantifiée par l'analyse de débit solide et aussi par l'approche hypsographique du matériel rejeté par l'érosion. Le taux d'érosion est dépendent de la quantité de pluies torrentielles (o a calculé aussi l'indice de torrentialité et l'indice Angot).

**Mots-clés** : bassins versants, morphométrie, érosion, Plateau de Dobroudja, Roumanie

## PROBLÈME QUANTITATIF DES RESSOURCES EN EAU AU BASSIN VERSANT DU KHÉBIR OUEST À AIN CHARCHAR (NORD EST ALGÉRIEN)

Daifallah Tarek<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université d'Annaba, Annaba, Algérie

Email: [daiftarek@yahoo.fr](mailto:daiftarek@yahoo.fr)

Le bassin versant de l'oued kebir-ouest à Ain Charchar, situé en constantinois centre au Nord Est algérien, d'une superficie de 1130,26 km<sup>2</sup>, et potentialité d'eau de l'ordre de 90 Hm<sup>3</sup>, est une région de vocation agricole. En effet, on y trouve 45 % de terre agricole, un principal réservoir d'eau superficielle, le barrage de Zit Emba. On y trouve également la nappe aquifère de la vallée de l'oued El Kebir ouest.

Par ailleurs, au cours de ces dernières années, du fait de l'explosion démographique et d'un développement économique généralisé, ce bassin a connu un processus rapide et global de mobilisation de l'ensemble de ses ressources en eau. Dans le contexte de pénurie en eau caractérisant le bassin, l'agriculture, qui s'est construite au cours de cette période pour devenir essentiellement une agriculture irriguée, orientée vers le marché, dont l'objectif principal est la rentabilité économique et non plus l'alimentation des populations, consomme aujourd'hui plus de 80% des ressources totales du bassin ce qui pose diverses questions quant à son évolution future. Il semble en effet nécessaire de réorienter l'agriculture irriguée et les techniques d'irrigation vers les productions et les méthodes les plus adaptées, en plus, de lutter contre toute sorte de gaspillage et de perte dans tous les réseaux et pour tous les usagers d'eau.

La confrontation entre les demandes croissantes en eau et les ressources mobilisées et mobilisables (offre) plus au moins stables, a montrée que cette ressource ne sera plus capable de répondre aux demandes à moyen et long terme et rendu inévitable le recours à la nouvelle stratégie de la gestion de l'eau, en fait lancer en Algérie depuis plus de dix ans, avec la mise en œuvre d'une politique de gestion de la demandes.

**Mots-clés** : Bassin versant, ressources en eau, demandes en eau, gaspillage et perte, nouvelle stratégie de la gestion de l'eau, politique de gestion de la demande.

### **GESTION DES RISQUES NATURELS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED ZAT : APPROCHE PAR SIG**

**Derdabi Malika<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Marrakech, Maroc

Email: [malak\\_derdabi@hotmail.com](mailto:malak_derdabi@hotmail.com)

Dans le Haut Atlas l'érosion des sols constitue un sérieux problème qui mène à la destruction des terres cultivables et par conséquence l'alimentation des eaux par une forte concentration de la charge solide qui pourrait avoir des effets néfastes lors des inondations et pourrait entraîner un engorgement important des barrages .L'aménagement des bassins versants s'avère nécessaire et prioritaire pour délimiter les dégâts liés à l'érosion.

Dans la région étudiée, un ensemble important de terrains géologiques constituent une source favorable à l'érosion et pourrait favoriser l'élévation des risques naturels.

La cartographie de la région couplée à la méthode du SIG, aux analyses sédimentologiques et aux études géologiques et géomorphologiques vont permettre de dégager les zones à forte susceptibilité d'érosion hydrique.

**Mots-clés** : Haut Atlas de Marrakech, Oued Zat, Risques naturels, SIG, Cartographie, Sédimentologie, Réseau hydrographique, Géomorphologie, Aménagement du territoire.

### **RÉUTILISATION DES EAUX USÉES DE LA VILLE DE FÈS EN AGRICULTURE MARAÎCHÈRE DANS LA BASSIN VERSANT DE SEBOU: IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT- MAROC**

**Derwich Elhoussine<sup>1</sup>, Benziane Zineb<sup>2</sup> et Benaabidate Lahcen<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centre Universitaire Régional d'Interface, USMBA, Fès

<sup>2</sup>Laboratoire Energie, Ressources Naturelles et Modélisation, Faculté des Sciences, Fès

<sup>3</sup>Laboratoire de Géoressources et Environnement, FST, Fès

Email: [elhoussinederwich@yahoo.fr](mailto:elhoussinederwich@yahoo.fr)

Actuellement, le bassin versant du Sebou au Maroc se trouve menacé par une pollution intensive, vu l'énorme volume des rejets de la ville de Fès. La pollution totale rejetée par la ville de Fès s'élève à 100000 m<sup>3</sup>/j, elle atteindra 120000 m<sup>3</sup>/j à l'horizon 2015 (RADEEF, 2007). L'utilisation agricole des eaux usées de l'oued Fès et Sebou au niveau de la région de Fès est plus intense et vise essentiellement les cultures maraîchères. Cette utilisation s'accompagne de risques sanitaires dont l'évaluation nécessite la connaissance des caractéristiques physico- chimiques et microbiologiques de ces eaux. Les résultats obtenus au cours de cette étude, indiquent que la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux utilisées pour l'irrigation des cultures, ne répond pas toujours aux critères sur les conditions pour l'utilisation des eaux usées en agriculture. Toutefois, les stations situées respectivement en amont de la ville de Fès et en amont de la confluence d'Oued Fès et Sebou sont légèrement susceptibles de satisfaire les critères fixes par l'OMS. Par contre, les eaux d'irrigation des stations situées en aval des rejets de la ville de Fès et en aval de la confluence sont polluées sur le

plan chimique et bactériologique, elles se caractérisent par de faibles teneurs en Oxygène, des teneurs élevées en MES, DBO5, nitrate, K<sup>+</sup>, phosphates, et des taux élevés en métaux lourds tels que le Cr, Cu et Ni ainsi qu'une présence importante de coliformes fécaux et streptocoques fécaux qui dépassent les limites fixées par l'OMS.

La protection de ces eaux contre les contaminations diverses est nécessaire et impérative pour que ces eaux servent encore en agriculture.

**Mots-clés:** Eau usées, pollution, Oued Fès, Sebou, Agriculture, physico-chimie, Bactériologie, Fès.

## **IMPACT DES REJETS DE LA VILLE DE SEFROU SUR LA QUALITÉ CHIMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DANS LE BASSIN DU HAUT SEBOU- MAROC**

**Derwich Elhoussine<sup>1</sup>, Benziane Zineb<sup>2</sup> et Benaabidate Lahcen<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Centre Universitaire Régional d'Interface, USMBA, Fès

<sup>2</sup>Laboratoire Energie, Ressources Naturelles et Modélisation, Faculté des Sciences, Fès

<sup>3</sup>Laboratoire de Géoressources et Environnement, FST, Fès

Email: [elhoussinederwich@yahoo.fr](mailto:elhoussinederwich@yahoo.fr)

Le bassin versant du haut Sebou, où l'exploitation des eaux souterraines est intensive, nécessite des quantités croissantes surtout avec le stress hydrique. Oued Sebou constituant l'unique réseau hydrique de cette région, la traverse en apportant des rejets domestiques et industriels non traités de la ville de Séfrou. Ces rejets riches en polluants s'infiltrent et affectent les nappes alluviales. Notre étude porte sur les prélèvements à partir de cinq puits les plus utilisés par les populations de la région et un suivi de la qualité chimique de ces différents puits situés le long de ces cours d'eau.

Les résultats obtenus après un suivi s'étalant sur deux périodes (Novembre 2007 et Juillet 2008), ont montré des concentrations importantes en chlores (1000,12mg/l) qui peuvent avoir origine l'utilisation du chlore comme désinfectant et des valeurs élevées en Sodium (210,01mg/l), Magnésium (112,86mg/l), Calcium (160,23mg/l), et Sulfates (280,01mg/l) principalement dans les puits forés dans les couches aquifères alluviales et situés plus près de l'oued Sebou.

La comparaison des teneurs en éléments fertilisants entre des couches aquifères peu profondes et des eaux le long de Sebou a indiqué une corrélation très étroite qui peut être expliquée par l'interaction hydrogéologique entre ces eaux. En raison de la situation de climat du secteur étudié caractérisé ainsi par un climat aride avec des précipitations très basses, le fleuve de Sebou semble influencer plus les couches aquifères dans sa proximité.

**Mots-clés :** eaux souterraines, pollution, physico- chimie, Métaux lourds; Oued Sebou, Séfrou, Maroc.

## **LA GESTION INTÉGRÉE DE LA RESSOURCE EN EAU DE LA WILAYA DE ANNABA**

**Djabri Larbi<sup>1</sup>, Bouhsina Saad<sup>2</sup>, Hani Azzedine<sup>1</sup>, Djabri Yacine<sup>3</sup> and Gazgouz N<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université d'Annaba. Département de Géologie.

<sup>2</sup>Université du Littoral Côte d'Opale. Dunkerque.

<sup>3</sup>CHU, Annaba. Service de gynécologie obstétrique 11, Rue Asla Hocine Annaba, 23000, Algérie.

Email: [djabri\\_larbi@yahoo.fr](mailto:djabri_larbi@yahoo.fr)

La gestion de la ressource en eau de la wilaya de Annaba, pose un sérieux problème aux autorités locales. Cette région ne recèle pas d'importants aquifères, de ce fait, cette wilaya se trouve alimentée en eau et pour tout usage à partir de la wilaya d'El Tarf à concurrence de 85 %, cet apport externe risque de poser problème à long terme. La ville de Annaba et ses communes sont situées dans l'est Algérien. Le chef lieu de la wilaya, la ville de Annaba comptait environ 300 000 habitants et

en compte actuellement plus de 500 000 habitants. Le tissu industriel est l'un des plus importants du pays, ce qui accroît la demande en eau. Les plaines de Annaba sont également très fertiles, d'où une pratique agricole très intense, nécessitent une importante quantité d'eau. Les quatre facteurs énumérés, montrent un déséquilibre entre l'offre et la demande en eau. Pour palier à ce déséquilibre, une étude a été réalisée par nos soins. La compilation des données climatiques, hydrologiques et hydrogéologiques, nous permet de dresser un état de l'offre et de la demande.

On note que les communes, possédant, leur propre ressource hydrique tel que El Hadjar, Ben M'hid peuvent s'autogérer, par contre pour d'autres communes le recours aux apports externes reste l'unique solution.

**Mots-clés** : Wilaya, gestion, Annaba, commune, eau.

### **VARIABILITÉ CLIMATIQUE ET RESSOURCE EN EAU DE SURFACE, EXEMPLE DU BASSIN VERSANT DE LA TAFNA (NORD-OUEST DE L'ALGÉRIE)**

**Djedid Abdelkader<sup>1</sup> et Adjim Hayat<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département d'Architecture

<sup>2</sup>Département d'Hydraulique

Faculté des Science de l'Ingénieur Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, Algérie.

Email: [a\\_djedid@yahoo.fr](mailto:a_djedid@yahoo.fr)

Les barrages réalisés au sein du bassin versant de la Tafna (Nord-Ouest de l'Algérie) servent à alimenter la majorité des grandes villes de la région Nord-Ouest de l'Algérie. Ces barrages qui ont été réalisés avant les années quatre-vingt se remplissaient peu ces derniers temps. La raison en est la sécheresse qui s'est installée dans la région.

Dans cet article, nous nous sommes intéressés à mettre en évidence les périodes et le degré de sévérité des sécheresses qu'a connu ce bassin dans le passé, ceci à l'aide de paramètres simples basés sur l'analyse de séries pluviométriques. Pour cela, nous avons retenus des séries pluviométriques de stations dont les durées de fonctionnement sont assez longues pour être représentatives du bassin. Les paramètres retenus pour caractériser le degré de sévérité des sécheresses sont l'écart à la moyenne et l'indice pluviométrique. Pour l'identification des périodes de sécheresses, nous avons utilisé la procédure de la moyenne mobile pondérée.

Les résultats qui seront illustrés sous forme d'histogrammes facilement lisibles montrent que le bassin a subi plusieurs périodes de sécheresse, celle qui date des années 1973/1974 est la plus sévère et la plus persistante. Concernant l'impact de la sécheresse sur les ressources en eau, l'étude montre que le déficit sur les volumes mobilisés par trois des cinq barrages réalisés au sein de ce bassin varie entre 30% et 60%.

### **POLLUTION DES EAUX PAR LES PESTICIDES ET LES POLLUANTS ORGANIQUES (ANALYSES QUALITATIVES – PHÉNOMÈNES D'ÉPURATION)**

**Djelloul Mokrani Karima<sup>1</sup>, Amilmokhnache Salima<sup>1</sup> et Messadi Djelloul<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Sécurité Environnementale et Alimentaire, Département de Chimie, Centre Universitaire d'El Tarf, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie

Email: [mokrani\\_karima04@yahoo.fr](mailto:mokrani_karima04@yahoo.fr)

La pollution par les pesticides et des polluants organiques, est principalement perçue au travers de leur présence dans les eaux et dans les denrées alimentaires. Cependant, beaucoup de polluants transitent par les sols ou leur comportement va conditionner la manifestation de leur caractère polluant. La rétention de leur impact environnemental nécessite de comprendre le



processus de rétention et stabilisation, ceux de transformation, ainsi que les phénomènes de transfert. Le mécanisme de détoxification des sols, basé de leur pouvoir épurateur, reposent sur l'aptitude des microorganismes des sols à dégrader les polluants sous forme de résidus non extractibles appelés couramment « résidus liés » c'est ainsi que dans certains cas, l'épuration est due au stockage des polluants ce qui à court terme est efficace pour sauvegarder, par exemple, les ressources en eau ; mais des interrogations restent posées sur l'éventuelle libération ainsi stockés et les conséquences de leur accumulation à long terme. En ce qui concerne les pesticides, on cherche à maintenir un optimum, d'efficacité tout en réduisant leur impact sur l'environnement en modifiant les pratiques culturales (en vue par exemple de réduire les intrants, de favoriser la rétention des pesticides ou de limiter le déclenchement du ruissellement), en proposant des aménagements, mettant en valeur des zones tampon servant des filtres curatifs, des pollutions, et en optimisant des techniques d'application (applications ponctuelles, traitement des semences, utilisation des nouveaux pesticides efficaces à faibles doses).

**Mots-clés** : Pollution des sols, pesticides, épuration, le processus de rétention et stabilisation

### **CARACTÉRISATION DE LA VULNÉRABILITÉ-SENSIBILITÉ DES EAUX DE LA NAPPE ALLUVIALE DU HAUT CHELLIF (ALGÉRIE)**

**Djoudar Hallal Dahbia<sup>1</sup> et Toubal Ahmed Chérif<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique(ENSH).B.P 31, 09000 Blida, Algérie.

<sup>2</sup>Université des Sciences et de la Technologie

E-mail: [dalydz@yahoo.fr](mailto:dalydz@yahoo.fr)

La présente étude traite de la vulnérabilité à la pollution de la nappe alluviale du Haut Chellif. Cette dernière est menacée par la prolifération des points de captage des eaux souterraines, ainsi que le développement économique rapide qui sont directement responsables de l'augmentation des problèmes de contamination des aquifères.

Deux approches font l'objet de l'étude de vulnérabilité de la nappe alluviale du haut Chellif. La première porte sur l'évaluation de la vulnérabilité-sensibilité des eaux de la nappe alluviale, qui repose sur les résultats que nous avons obtenus par la méthode DRASTIC.

Une seconde méthode sera basée sur une indexation de la sensibilité des eaux basée sur la chimie de l'eau de la région d'étude. Toutes deux sont basées sur un système de cotation numérique, intégrant un SIG (Map info 7.5), qui permet l'usage de bases de données graphiques digitalisées ou directement saisies.

L'indice de sensibilité (SI) à la contamination de l'eau a été calculé en prenant le produit de l'indice de vulnérabilité (IV) et l'indice de la qualité (IQ) ;  $IS = (IV) \cdot (IQ)$  (O. Tolga Pusatli et Al ,2007).

L'indice IV est déduit en utilisant la méthode DRASTIC pour évaluer les caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère. L'indice de qualité (IQ) est calculé en nous basant sur la classification hydrochimique des eaux.

La carte de sensibilité obtenue révèle des plages coïncidant presque parfaitement avec les zones de fortes activités anthropiques.

**Mots-clés** : sensibilité, vulnérabilité, qualité de l'eau; Nappe alluviale, Haut Chellif, Algérie.

## UNDERSTANDING A CLOSED BASIN'S METEOROLOGY AND DROUGHT: EXTENT OF KONYA CLOSED BASIN'S (TURKEY) DROUGHT

**Dogan Selim<sup>1</sup> and Berkay Ali<sup>1</sup>**

Selcuk University Environmental Engineering Department, 42031 Campus, Konya, Turkey

Email: [sdogan@selcuk.edu.tr](mailto:sdogan@selcuk.edu.tr)

In this paper the meteorology of Konya Closed Basin which covers pretty large area in central part of Turkey has been analyzed. Required data for the analyses acquired for the period of 1975-2008 from the meteorological stations which presents Konya Closed Basin that are operated by Turkish State Meteorological Service. Especially analyses of temperature and precipitation data are indicator to understand global warming effects. So the meteorological variables such as minimum-mean-maximum temperature, mean humidity, mean pressure, mean wind velocity and total precipitation are selected to explain basin's meteorology in detail.

The drought periods are another issue to understand basin's meteorology better. Periods of drought connected with global climate change are adversely affecting the usability and sustainability of limited water resources. The spatial and temporal extents of drought in Konya Closed Basin have been manipulated by using Standardized Precipitation Index (SPI) method. Drought analyses have been carried out for various time scales such as 3 months, 6 months, 12 months, 24 months and 48 months. As a result of SPI-12 months analyse the average of Konya Closed Basin's extremely dry (SPI<-2.00) period is 2.4% of total months.

**Keywords:** Drought, Climate Change, Meteorology, Konya Closed Basin, Precipitation

## LA CARTOGRAPHIE DU RISQUE DE CONTAMINATION DE L'AQUIFÈRE DÉTRITIQUE DE MARTIL-ALILA (PROVINCE DE TÉTOUAN, MAROC)

**Draoui M.<sup>1</sup>, Vias J.M.<sup>3</sup>, Andreo-Navarro B.<sup>2</sup>, Targuisti K.<sup>1</sup>, Stitou J.<sup>1</sup> et Maate A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géologie, Faculté des Sciences, Tétouan. Maroc.

<sup>2</sup>Departamento de Geologia. Facultad de Ciencias. Universidad de Malaga. E 29071 Malaga, Spain.

<sup>3</sup>Departamento de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Malaga. E 29071 Malaga, Spain.

E-mail: [mo.draoui@menara.ma](mailto:mo.draoui@menara.ma), [andreo@uma.es](mailto:andreo@uma.es), [jmvias@uma.es](mailto:jmvias@uma.es)

Dans le but de protéger les eaux souterraines contre la détérioration de leur qualité par les produits polluants s'infiltrant de la surface, il est important d'élaborer la carte de répartition du degré de risque de contamination des aquifères. La réalisation de ce document prend en considération le degré de vulnérabilité de l'aquifère et la carte de répartition des dangers de contamination, lui sont associés. Une telle carte est nécessaire dans le cas de l'emploi de mesures préventives pour aménager le territoire.

Ce travail vise à élaborer la carte de risque relative à l'aquifère détritique de Martil-Alila, d'environ 98 km<sup>2</sup> de superficie. C'est l'un des plus importants réservoirs hydriques souterrains de la province de Tétouan au Nord du Maroc. Il joue un rôle primordial dans l'approvisionnement en eau potable de cette région, principalement lors des périodes de sécheresse et estival. Cependant, il se trouve exposé à plusieurs sources de pollution liées à des activités urbaines, agricoles et industrielles.

La carte de vulnérabilité à la contamination de cet aquifère est obtenue appliquant la méthode DRASTIC (Aller et al., 1987) lors d'une année pluvieuse. Elle montre un fort degré de vulnérabilité à la contamination à travers la partie Est de la nappe en relation avec la composition sableuse à graveleuse de la zone non saturée et à la texture sablo-limoneuse et sableuse du sol. Par contre, le reste de la nappe coïncide avec une zone non saturée généralement argileuse ou limoneuse et un sol de texture argilo-limoneuse à argileuse, et enregistre principalement un moyen degré de vulnérabilité.

Quant à la carte de danger, élaborée selon la méthode de De Keteleare et al., (2004), elle montre la coïncidence de la classe « Modérée » avec la zone urbaine de Martil et les constructions de Dar Skirej et de Cabo Negro, de même qu'avec certains foyers d'activité tel que les stations d'essence, l'unité électrochimique de Coelma et la station de charge de gaz. Le reste de la zone d'étude laisse apparaître un faible danger induit principalement par l'activité agricole et la zone urbaine de Tétouan. La superposition des deux cartes précédentes aboutie à la carte de risque de contamination de l'aquifère de Martil-Alila. Cette dernière se caractérise par la dominance des classes « Faible » et « Modérée ». La première, déterminant la majeure partie Ouest de la plaine et son extension occidentale, est induite par un moyen degré de vulnérabilité associé à l'activité agricole et à la zone urbaine de Tétouan. Cependant, la zone urbaine de Tétouan, la région de Cabo Negro, la zone industrielle et les terrains agricoles surmontant les parties d'aquifère de fort degré de vulnérabilité enregistrent le deuxième degré de risque de contamination qui se concentre principalement vers l'Est de la plaine.

### **DONNÉES ET RÉSEAUX DE MESURE DE LA GESTION DE LA RESSOURCE EN EAU**

**Dris Mohamed El-Amine<sup>1</sup>, Benrahou K.H.<sup>1</sup> et Aloui Z.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département de génie civil, Faculté de l'Ingénieur, Université Djillali Liabès de Sidi Bel-Abbès. B.P.  
89, Fg Ben M'Hidi – 22000 Sidi Bel-Abbès, Algérie

Email: [drisamine@yahoo.fr](mailto:drisamine@yahoo.fr)

La gestion des eaux nécessite non seulement la connaissance des paramètres et variables mesurés dans le « milieu eau », mais celle des principaux éléments perturbant dus à l'action des hommes ; il s'agit des prélèvements et des rejets ou encore des caractéristiques de l'urbanisation influant sur le ruissellement et l'infiltration, ou de celles de l'agriculture avec leur impact sur l'érosion, l'évapotranspiration et les transferts vers les nappes ou les rivières. Même les rejets divers de l'industrie ou du chauffage vers l'atmosphère ont des conséquences sur l'éventuelle nocivité des pluies notamment leur acidité.

Une tentative de synthèse de ces principaux phénomènes ainsi que des paramètres et données intervenant dans l'atmosphère, à la surface du sol et des océans et dans le sous-sol est décrite dans cette étude.

Aussi, suivant la gestion envisagée et à l'intérieur de celle-ci en fonction de l'objectif ou du problème posé, les données nécessaires sont différentes tant par leur nature que par leur répartition spatiale et leur densité. Beaucoup de données comme la pluie, le débit des rivières, les prélèvements ou les rejets, etc. sont utilisées pour de très nombreux types de gestion.

Le présent travail donne la nature des données et des paramètres principaux utilisée pour six (06) grandes classes de gestion de la ressource.

**Mots-clés** : Gestion des eaux, Données des ressources, Réseaux de mesure, Interactions.

### **CONTRÔLE CENTRALISÉ ET OPTIMISATION DES RÉSEAUX D'EAU POTABLE**

**Dris Mohamed El-Amine<sup>1</sup>, Benrahou K.H.<sup>1</sup> et Aloui Z.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département de génie civil, Faculté de l'Ingénieur, Université Djillali Liabès de Sidi Bel-Abbès. B.P.  
89, Fg Ben M'Hidi – 22000 Sidi Bel-Abbès, Algérie

Email: [drisamine@yahoo.fr](mailto:drisamine@yahoo.fr)

Tous les services d'eau cherchent à réduire les frais de production d'eau en exploitant de façon optimale les unités de pompage et les temps de fonctionnement.

Le problème est complexe pour les réseaux qui disposent d'unités multiples de production, pompage d'eau souterraine, traitement d'eau de rivière, interconnexion dont les coûts spécifiques de production

sont différents. Ils varient d'ailleurs suivant les pertes de charge de production, le rendement des pompes, les coûts de filtration et les frais horaires de l'énergie en cours de journée.

Le problème est de répartir la production entre les diverses unités pour minimiser les frais totaux. Des motifs de sécurité peuvent imposer des contraintes qui compliquent la solution du problème : par exemple n'utiliser que de façon réduite telle ou telle ressource par suite d'événements extérieurs (sécheresse, risque de pollution, etc...).

Une facilité pour l'optimisation provient des volumes de stockage du réseau permettant une production élevée d'eau pendant la période de bas tarif. La compensation est toujours journalière, le volume stocké ne permettant pas d'envisager une compensation hebdomadaire qui serait plus économe en énergie.

Diverses méthodes d'optimisation sont proposées dans cette étude. Elles existent sous forme de logiciels adaptés et ont pour but de réduire les coûts et constituent par conséquent un progrès sensible pour la gestion.

**Mots-clés** : Optimisation, Consigne de gestion, Réduction des frais.

### VARIABILITÉ CLIMATIQUE RÉCENTE AU MAROC: APPORT DES ISOTOPES ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) DE LA CELLULOSE DU BOIS DE LA CÉDRAIE ATLANTIQUE

Ed Dabdouby M.<sup>1,2</sup>, Marah H.<sup>1</sup>, Sabir A.<sup>2</sup> et Stievenard M.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre National de l'Énergie des Sciences et des Techniques Nucléaires, Rabat

<sup>2</sup>Université Mohammed V-Agdal, Faculté des Sciences, Rabat

<sup>3</sup>Laboratoire des Sciences du Climat et l'Environnement (LSCE), France.

Email: [eddabdouby@cnesten.org.ma](mailto:eddabdouby@cnesten.org.ma)

L'objectif de la présente étude consiste à utiliser les rapports isotopiques ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) dans les cernes d'arbres (cèdre) afin de documenter les variations temporelles et spatiales du climat sur les derniers 500 ans. Une campagne d'échantillonnage a été effectuée au Moyen-Atlas dans le cadre du programme ISONET. Les carottes prélevées ont été datées puis traitées à des fins de mesures dendrochronologiques et isotopiques.

La valeur moyenne de  $\delta^{13}\text{C}$  de Col de Zad est de l'ordre de -20.87 ‰ et varie de -22.86‰ à -19.96‰, avec une diminution de 1‰ sur les derniers 100 ans. Ceci peut être expliqué par la diminution à l'échelle globale du rapport  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  atmosphérique due aux effets anthropiques.

Afin d'identifier les variabilités climatiques ayant le plus d'influence sur les rapports isotopiques, nous avons étudié les corrélations entre les rapports isotopiques et les données climatiques (température et humidité de l'air et la pluie) pour la période 1958-2000. Les résultats obtenus ont montré que les épaisseurs de cernes sont corrélés significativement avec un indice climatique qui intègre les températures et les précipitations de n-2 de l'année de formation du cerne ( $r=-0.312$ ,  $r=0.567$  respectivement). Les valeurs de  $\delta^{13}\text{C}$  reflètent surtout les températures de juillet, août et décembre ( $r=-0.51$ ) ainsi que les précipitations de mai ( $r=-0.35$ ). Les valeurs de  $\delta^{18}\text{O}$  reflètent également les températures d'août à septembre ( $r=0.35$ ) et les précipitations de mai et décembre ( $r=-0.302$ ,  $r=-0.484$ , respectivement). Les résultats de cette étude indiquent que les séries dendroisotopiques du carbone et de l'oxygène permettent de reconstituer le climat et les régimes hydriques anciens dans les régions arides et semi arides au Maroc liés aux oscillations atlantique.

**Mots-clés** : Cèdre, Variabilité climatiques des derniers 500 ans, Composition isotopique de la cellulose des cernes d'arbres, Maroc.

## ORIGINE ET ÉVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA MINÉRALISATION DES EAUX DE LA NAPPE DE BOU AGBA, BASSIN DE SEBOU, MAROC

Edoulati N.<sup>1</sup>, Boutaleb S.<sup>1</sup> et Hsissou Y.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-Environnement (LAGAGE), Faculté des Sciences,  
Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc  
Email: [nabila\\_aze@hotmail.com](mailto:nabila_aze@hotmail.com)

La nappe de Bou Agba, objet de cette étude, est située dans la partie aval du bassin versant de l'oued Sebou. Elle présente une morphologie en cuvette et repose sur les formations de la nappe préifaine.

L'étude des processus chimiques gouvernant la minéralisation des eaux de la nappe de Bou Agba, a été réalisée en se basant sur la différenciation des faciès chimiques d'une part, et la répartition des différents éléments chimiques de manière qualitative, quantitative et spatiale.

La corrélation entre les différents éléments chimiques et la conductivité indique que les eaux les plus minéralisées sont riches essentiellement en chlorures et sodium.

L'analyse par ACP et l'étude des différents rapports caractéristiques montrent deux types de minéralisation : 1) endogène, avec de fortes concentrations en Cl<sup>-</sup> et Na<sup>+</sup>, liée à l'influence des formations salifères du domaine préifain et un pôle carbonaté calco-magnésien qui caractérise la nappe du Plio-Villafranchien ; 2) anthropique matérialisée par la forte concentration des nitrates.

L'évolution spatio-temporelle entre 1980 et 2009 montre une augmentation de la minéralisation des eaux en amont et au Nord de la nappe, qui pourrait s'expliquer par le développement des activités anthropiques mais aussi par l'alternance de cycles humides et secs qu'a connus la région.

**Mots-clés:** Nappe de Bou Agba, Minéralisation, Nitrates ; Pollution.

## SOIL AND GROUNDWATER CONTAMINATION BY IRRIGATION WITH INDUSTRIAL WASTEWATER (SETTAT, MOROCCO)

El Amrani Namira<sup>1</sup>, Rochdi Aïcha<sup>1</sup>, Benavente José<sup>2</sup>, Robles Virginia Maria<sup>2</sup>, Almécija Carmen<sup>2</sup>,  
Hidalgo Maria del Carmen<sup>3</sup>, Martin Wenceslao<sup>2</sup> and Bouzidi Abdelhamid<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire des Sciences de l'Environnement et du Développement, Faculté des Sciences et  
Techniques, Université Hassan Premier, B.P. 577, Settât-Maroc.

<sup>2</sup>University of Granada, Water Research Institute, Granada, Spain.

<sup>3</sup>University of Jaen, Politechnical School of Linares, Linares, Spain.

Email: [namira\\_elamrani@yahoo.fr](mailto:namira_elamrani@yahoo.fr)

This research deals with the environmental impact of industrial wastewater of the city of Settât (Southern of Casablanca). As in most of Morocco's agglomerations, the domestic and industrial wastewater of this town -with a volume estimated of around 10,000 m<sup>3</sup>/day- used to be evacuated without any preliminary treatment to the Boumoussa river, which became a discharge system in the form of an open sky sewer.

From May 2007, the domestic wastewater is forwarded to a Treatment Plant, whereas the industrial wastewater continues being evacuated in the above mentioned way. In periods of high waters, the river flow can spread over a distance of 12 km north of Settât. Along this reach extends the rural community of Mzamza, a zone characterized by an important agricultural potentiality, which uses this water for irrigation with increased risk of groundwater and soil contamination. In this zone the groundwater -pumped by open wells from a phreatic aquifer- constitutes an important resource of drinking water and water for irrigation.

The first results of the research undertaken to evaluate this impact show levels of most of the trace metals as well as of the salinity in groundwater and soils which exceed the permitted safe limits.

Salinity of well water and soil is increased by return flow due to intense agricultural activities and long periods of drought during the past decades. The industrial effluents were noted for their potentiality of ultimately polluting the soil, the vegetation and seriously affecting the health of the local population in the area.

**Keywords:** Industrial wastewater, soil, groundwater, salinity, trace metals, pollution, Settat, Morocco.

## RECONNAISSANCE HYDROGÉOLOGIQUE DES RIDES SUD RIFAINES AU NORD DE MÉKNES (MAROC)

El Aoufir Mohamed<sup>1</sup>, Ben Ayachi Khalid<sup>1</sup>, Benabbou Mohamed<sup>1</sup>, Abelbasset Hessane Mohamed<sup>1</sup> et  
El Fassi Fihri Omar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Géodynamique et Ressources Naturelles LGRN Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, B.P. 1796, Fès Atlas, Maroc.

<sup>2</sup>Direction Régionale de l'équipement Meknès-Tafilalt, service eaux.

Email: [mohammedelaoufir@yahoo.fr](mailto:mohammedelaoufir@yahoo.fr)

Les rides sudrifaines au Nord de Meknès, limitées au Sud et à l'Est par le bassin de Sais, à l'Ouest par le bassin de Rharb et vers le Nord par le Prérif, constituent des bassins d'avant-pays au front de la chaîne rifaine, qui s'organisent en dépocentres dont le remplissage est commandé par une propagation d'une séquence de chevauchement prograde du Nord vers le Sud et de l'Est vers le l'Ouest, du Miocène supérieur au Quaternaire récent.

L'approvisionnement en eau de cette zone nécessite une compréhension de la complexité des phénomènes hydrogéologiques en relation avec la structuration complexe du secteur étude. Ainsi, le dépouillement des données climatologiques et d'une centaine des forges répartis dans le secteur ont permis de mieux cerner la géologie (diversité lithologique, fracturation...) et l'hydrogéologie des rides sudrifaines.

L'analyse des données climatologiques montre que la région étudiée est soumise à un climat semi aride à sub humide. Le bilan hydrique calculé par la méthode de thornthwaite montre des excédants relativement nulle pour la période de mai à novembre et des excédants très peu important pour la période allant de décembre à avril.

L'analyse des données des forages a permis de distinguer trois réservoirs important qui sont le réservoir du Lias, le réservoir du Bajocien et le réservoir du Burdigalien, ces réservoirs constituent des nappes relativement discontinues. En général la qualité de l'eau des différents aquifères est dans les normes de potabilité, à l'exception de certains points qui montrent une qualité d'eau altérée. La productivité unitaire des ouvrages est variable de 0 à 40 l/s. elle est influencée par la fracturation et la karstification du réservoir, par sa zone d'alimentation et par les écoulements qui le régissent.

**Mots-clés:** rides sudrifaines, bassin d'avant-pays, bilan hydrique, fracturation, karstification, productivité unitaire.

## CONTRIBUTION À LA GESTION INTÉGRÉE DE LA NAPPE DE BERRECHID À L'AIDE D'UN OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

**El Assaoui Naima<sup>1</sup>, El Hajji Kacem<sup>2</sup>, Sadok Abdelaziz<sup>1</sup> et Amraoui Fouad<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des sciences Ain chock, Casablanca, Maroc

<sup>2</sup>Agence du bassin versant bouregreg chaouia, Maroc

Email: [nelassaoui@gmail.com](mailto:nelassaoui@gmail.com)

La nappe de Berrechid connaît depuis les années 1980, à l'instar de la majorité des nappes du Maroc, un déficit chronique de son bilan hydrogéologique du à une intensification des prélèvements d'eau pour l'irrigation. Ceci conduit à une baisse généralisée de son niveau observée sur les vingt cinq dernières années.

Cette nappe présente les caractéristiques suivantes :

Superficie : 1500 km<sup>2</sup>, avec une épaisseur variant de 30 à 50m ;

Elle possède un caractère captif sous les formations limoneuses rencontrées aux alentours de la ville de Berrechid et à l'Est de cette nappe, alors qu'elle est à surface piézométrique libre dans le reste de cet aquifère ;

L'écoulement de eaux souterraines se fait essentiellement du Sud-Ouest vers le Nord-Est ;

Les valeurs de transmissivité varient entre  $3.10^{-4}$  et  $3.10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s. Elles sont faibles au droit des zones de contact avec le plateau des phosphates au sud et des formations paléozoïques au Nord-Est et de viennent de plus en plus importantes en se dirigeant vers le centre de la nappe ;

Régime des eaux de surface : La plaine de Berrechid est le débouché naturel des oueds de Mazer, El Haimer, Tamesdrost et Boumoussa qui coulent depuis le plateau des phosphates et viennent s'épandre et s'infiltrer dans la plaine. En absence d'exutoire vers la mer, ces oueds ont causé plusieurs inondations dans les villes de Berrechid et de Settat durant les dix dernières années, ce qui a poussé à la réalisation et à la programmation de plusieurs aménagements pour limiter leurs dégâts (barrages d'écrêtement, canaux de déviation, digues de protection,...). Ces différents aménagements auront un impact indéniable sur le régime de fonctionnement de la nappe ;

Elle connaît une baisse continue du niveau d'eau, due à une exploitation excessive pour les besoins d'irrigation. La baisse a atteint en certains piézomètres 13m depuis l'année de référence 1979/80, et commence à constituer un motif de conflit entre les usagers agriculteurs. De plus, on estime que la réserve non renouvelable de la nappe, qui était initialement de l'ordre de 1,5 Mm<sup>3</sup>, a diminué de moitié pour atteindre actuellement 75 Mm<sup>3</sup>.

En vue de réagir à la surexploitation de la nappe de Berrechid, l'Agence du Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia a mené a mené plusieurs études et investigations concernant l'inventaire des préleveurs et la modélisation hydrodynamique de la nappe. Ces simulations ont démontré que la nappe réagit rapidement à certaines actions envisageables telles que la limitation des prélèvements d'eau par pompage.

D'autre part, l'agence du bassin est en train de réaliser un modèle de gestion intégrée de la nappe de Berrechid, dans le cadre d'une thèse de doctorat en collaboration avec la Faculté des sciences Ain Chock. Cet outil d'aide à la décision ( DSS), permettra de simuler plus aisément des scénarios de modification des techniques d'irrigation ou de changement de types de cultures ainsi que l'impact des éventuelles recharges artificielles sur la réserve de la nappe de Berrechid..

Cet outil d'aide à la décision (DSS), est basé sur un couplage de deux codes de calcul :

MODFLOW 2000, via l'interface GMS. Cet outil simule l'hydrodynamique de la nappe..

WEAP (du Stockholm Environnement Institut), qui permet la gestion et la planification d'un système hydraulique

Les premiers résultats sont encourageants concernant le succès de ce couplage et la possibilité d'intégrer des scénarios réalistes, notamment la possibilité de recharge de la nappe à partir des quatre barrages-réservoirs appartenant à la zone de la nappe de Berrechid. Cette communication

présente la méthodologie adoptée, les premiers résultats obtenus sur la base du couplage Modflow\_Weap à l'échelle annuelle et les premiers résultats concernant la modélisation systémique à l'échelle mensuelle, ainsi que l'amélioration de l'estimation des prélèvements d'eau notamment par les agriculteurs et l'utilisation des images satellites pour appréhender la géologie de la région et l'occupation du sol.

Les simulations réalisées à l'horizon 2025 selon les scénarios adoptés ont montré que la nappe perdra entre 50% et 80% de sa réserve initiale et le niveau moyen de la nappe peut atteindre des abaissements variant entre 8m et 14 m

## **ECOLOGICAL REDUCTION OF PESTICIDE WATER CONTAMINATION USING ON-FARM BIOPURIFICATION SYSTEMS**

**EI Bakouri Hicham<sup>1,2</sup>, Morillo José<sup>2</sup>, Usero José<sup>2</sup> and Ouassini Abdelhamid<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, University of Abdelmalek Essaadi, 90000, Tangier, Morocco.

<sup>2</sup>Department of Chemical and Environmental Engineering, University of Seville, 41092 - Seville, Spain

Email: [elbakouri@us.es](mailto:elbakouri@us.es)

Pesticide contamination of aquatic ecosystems continues to be an active area of research. Numerous studies have reported that a great part of ground and surface water contamination is caused by direct losses (e.g. spills during filling operations, leakages of spray equipment, spray leftovers, spills of rinsing water of treatment equipment, etc.). The situation is worse when the contaminated water is discharged on sites with minimal opportunity for pesticide sorption and/or degradation.

A possible approach to reduce the direct contamination of water by pesticides is to treat the pesticides, which may be generated during filling and cleaning of the spraying machine, using on-farm biopurification systems. In its simplest form, a biopurification system consists of a biological active matrix which retains the pesticides onto organic matter or soil particles, and where enhanced or rapid microbial degradation or bioremediation of the pesticides occurs.

Sorption of pesticides to substrates used in biopurification systems is important as it controls the system's efficiency. Ideally, pesticide sorption should occur fast so that leaching of the pesticide in the biopurification system will be minimized. Several recent publications report the use of low-cost and locally available adsorbents to purify water contaminated by pesticides and other hazardous chemicals. Nonetheless, the literature is still insufficient to cover this problem, and more work and studies are needed in this field to develop other locally available and economical adsorbents to eliminate pollutants from water.

The purpose of this work is to understand the adsorption and degradation behavior of different pesticides on natural and modified organic waste residues. The effect of several parameters, such as sorbent particle size, contact time, temperature and pesticide concentration, was evaluated to better describe the adsorption process. Pesticide determination was carried out using stir bar sorptive extraction and gas chromatography coupled with mass spectroscopy. Adsorption data were processed according to various kinetic models. Lagergren and Morris-Weber equations were applied to fit the kinetic results. The second order model was the most suitable on the whole, and intra-particle diffusion was found to be the rate-controlling the adsorption process. According to adsorption kinetic data, 3.5 h were considered as the equilibrium time for determining adsorption isotherms. Adsorption data were analyzed by the Langmuir, Freundlich and Dubinin-Radushkevich adsorption approaches. Experimental results showed that the Freundlich isotherm model best described the adsorption process. The real efficiency of the systems was evaluated using column displacement experiments. The vertical mobility of the studied pesticides was performed at laboratory scale using soil columns containing different organic materials.



## **CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE DU FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE DE LA DORSALE CALCAIRE SITUÉE AU SE DE LA VILLE DE CHEFCHAOUEN**

**EI Bardai R.<sup>1</sup>, Andreo B.<sup>2</sup> et Targuisti K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie de l'Environnement et Ressources Naturelles, Faculté des Sciences,  
Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Maroc

<sup>2</sup>Centro de Hidrogeología, Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga

Email: [andreo@uma.es](mailto:andreo@uma.es)

L'objectif prioritaire de cette étude est d'obtenir une meilleure connaissance du fonctionnement hydraulique du massif calcaire qui se trouve au SE de la ville de Chefchaouen. Dans cette région, les eaux souterraines d'origine karstiques jouent un rôle capital dans l'approvisionnement en eau potable et pour l'irrigation.

Le secteur d'étude fait partie de la Dorsale calcaire externe du Rif septentrional. Il se trouve précisément entre Oued Laou et l'accident de Jebha-Chrafate d'une part, et à l'ouest du linéament du Jbel Lakraâ d'autre part. Il est subdivisé en trois unités fondamentales qui correspondent à l'unité du Jbel Tissouka, l'unité du Jbel Lakraâ et l'unité du Jbel Bouslimane. Ces unités, qui forment un grand massif (dorsale calcaire méridionale) séparé de celui de Jbel Tazout par l'accident du Jbel Lakraâ, et se trouvent empilées en nappes et en écaillés à contact anormaux et à pendage vers l'ouest.

Du point de vue hydrogéologique, la région étudiée renferme des sources karstiques de grande importance et avec de débits considérables (sources de Ras el Ma, Magoo, Chrafate etc.). La recharge de la nappe se fait essentiellement par les eaux de pluie et en quelque sorte par la fonte des neiges cantonnées dans les sommets des montagnes (exemple: crêtes de Jbel Lakraâ à 2159 m, et celle de Jbel Tissouka à 2122 m). Les sources de grand débit ont lieu en général dans les basses altitudes (contact dorsale-flysch).

Différentes méthodes d'analyse de la réponse hydraulique ont été appliquées (étude des hydrogrammes, analyses corrélatoires et spectrales), malgré les séries de données ne sont pas assez complètes et surtout avec la fréquence désirable. Le comportement des sources a permis de faire une première caractérisation du système karstique et mettre en évidence leur complexité.

Les résultats montrent ainsi que les systèmes karstiques étudiés sont relativement inertiels, et la caractérisation préliminaire à partir de l'analyse des courbes de récession et de l'analyse corrélatoire et spectrale confirme le caractère complexe de ces systèmes.

**Mots-clés :** karst, hydrogramme, courbes de récession, analyse spectrale et corrélatoire, Rif.

## **GESTION DES RISQUES NATURELS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED R'DAT : APPROCHE PAR SIG**

**EI Berkaoui Ghizlane<sup>1</sup>, Algouti Abdellah<sup>1</sup> and Azzaoui Kheir Eddine<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géologie, Université Cadi Ayyad, faculté des Sciences Semlalia B.P. 2390, 40000  
Marrakech, Maroc

Email: [ghizlanegeo@Gmail.com](mailto:ghizlanegeo@Gmail.com)

Dans le Haut Atlas l'érosion des sols constitue un sérieux problème qui mène à la destruction des terres cultivables et par conséquent l'alimentation des eaux par une forte concentration de la charge solide qui pourrait avoir des effets néfastes lors des inondations et pourrait entraîner un engorgement important des barrages. L'aménagement des bassins versants s'avère nécessaire et prioritaire pour délimiter les dégâts liés à l'érosion.

Dans la région étudiée, un ensemble important de terrains géologiques constituent une source favorable à l'érosion et pourrait favoriser l'élévation des risques naturels.

La cartographie de la région couplée à la méthode du SIG, aux analyses sédimentologiques et aux études géologiques et géomorphologiques vont permettre de dégager les zones à forte susceptibilité d'érosion hydrique.

**Mots-clés** : Haut Atlas de Marrakech, oued R'Dat, Risques naturels.

## **DOES INVENTORY OF FIXTURES OF TOXIC BLOOMS WITH CYANOBACTERIES, WHAT THE FUTURE RESERVE TO US?**

**El Haji Mounia<sup>1</sup>, Carriere Annie<sup>2</sup>, Prevost Michele<sup>2</sup>, Oudra Brahim<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Faculté Polydisciplinaire de Taza, Biotechnologie et valorisation des ressources naturelles, Route d'Oujda, B.P. 1223, Taza, Maroc.

<sup>2</sup>École Polytechnique de Montréal, Chaire Industrielle CRSNG en Eau Potable, Génies Civil, Géologique et des Mines, C.P. 6079, succ Centre-Ville, Montréal, Québec, Canada

<sup>3</sup>Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Département de Biologie Laboratoire de Biologie et Biotechnologie des Micro-organismes, Equipe de recherche «Microbiologie et Toxicologie environnementales», B.P 2390, Marrakech, 40 000 Maroc.

Email: [mouniae@free.fr](mailto:mouniae@free.fr)

La réalité des changements climatiques dus à l'augmentation des gaz à effet de serre, et notamment du CO<sub>2</sub>, fait désormais l'objet d'une problématique bien affirmée. Les études les plus récentes de l'IPCC montrent que la température moyenne de la surface du globe pourrait augmenter de 1,4 à 5,8°C d'ici à 2100. Par rapport au cycle de l'eau, ce réchauffement global entraîne une augmentation de l'évaporation et, par suite, des précipitations moyennes à l'échelle du globe.

L'objectif de cet article est l'étude de l'influence des changements climatiques sur les ressources en eau en relation avec les changements des contraintes anthropiques directes, notamment celles qui sont liées à l'agriculture. Cette influence est évaluée par estimation de l'évolution de la fréquence et l'intensité des fleurs algales pouvant causer des problèmes de goûts et odeurs et l'apparition de toxines d'algues pour lesquelles une valeur guide a été récemment émise par l'Organisation Mondiale de la santé (OMS).

L'action anthropique, induite par l'agriculture et l'élevage, dans les environs des sources d'eau potable, fait augmenter la charge en matière organique et favorise la prolifération d'algues nuisibles. Ces derniers, produisent potentiellement des toxines et des composés générateurs d'odeurs et de goût désagréables (MIB, géosmine, nonadiénal, etc.). De plus, l'abondance d'algues constitue une biomasse importante qui, lors de sa décomposition entraîne une libération de matière organique, détériorant également la qualité de la source. Une corrélation avec les changements climatiques récents et l'étude de scénarios probables permettront d'évaluer l'ampleur et les conséquences de ces changements.

Un état des lieux de la prolifération des algues et l'étude de leur distribution permettront d'avoir une idée de l'impact des facteurs environnementaux sur la croissance des cyanobactéries. Par ailleurs, dans le cadre d'un projet conjoint entre le Maroc et le Canada, nous travaillons sur l'impact des changements climatiques sur la prolifération des algues. Nous présenterons, dans cet article, une synthèse de l'état des blooms toxiques à cyanobactéries dans ces deux pays.

**Mots-clés** : algues, changements climatiques, cyanobactéries, distribution, impact.

## **SURFACE AND UNDERGROUND WATER POLLUTION OF THE AREA OF TAZA (MOROCCO): WATER ASSESSMENT AND SITUATION**

**El Haji Mounia<sup>1</sup>, Boutaleb Said<sup>1</sup>, Laamarti Rokia<sup>1</sup> et Laarej Leila<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté Polydisciplinaire de Taza. Université Sidi Mohamed Ben Abdallah,

Biotechnologie et valorisation des ressources naturelles, Route d'Oujda, B.P. 1223, Taza, Maroc.

Email: [mouniae@free.fr](mailto:mouniae@free.fr)

The aim of this work is to determine the state of the surface and underground water pollution of the area of Taza (Morocco). With this intention, the hydrochimic study is based on the physicochemical parameters determination of the surface and underground water. The results obtained show that various parameters as: the biochemical oxygen demand (BOD), the chemical oxygen demand (COD) and the nitrate and nitrite concentrations presents too high values compared to the international standards. This contamination is accentuated by the human activities and the climatic conditions of the area which are characterized by flows of the very weak wadis during the summer season. We note that there is no preliminary treatment of urban and industrial effluents discharge in the rivers. This caused the increase of the concentrations of pollutants poured in the rivers, leading to the quality deterioration of surface and underground waters. The rivers sampled show a very bad quality due to the various rejections in particular those generated by the oil mills of olives and the nature background which largely influence the quality of water in this area.

Based upon the comparison of the results carried out in 2006, 2007 and 2008, it is concluded that pollution of organic origin is on the increase and the majority of the analyses exceeds the standards recommended by WHO (World Health Organization) and project of Moroccan standards of effluent.

**Keywords:** Water quality; Surface and underground water; DBO5; DCO; Pollutants.

## **QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DE TADLA-MAROC**

**El Hammoumi Naima<sup>1</sup>, Sinan M.<sup>2</sup>, Lekhlif B.<sup>2</sup> et Lakhdar M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Catalyse et Environnement. Faculté des sciences, Université Hassan II Ain Chock- km 8 route d'El Jadida, BP. 5366, Casablanca- Maroc.

<sup>2</sup>Département d'hydraulique, Ecole Hassania des Travaux Publics, Université Hassan II-Aïn Chock, km 8 route d'El Jadida BP., Casablanca- Maroc.

Email: [Hammoumi\\_naima@yahoo.fr](mailto:Hammoumi_naima@yahoo.fr)

La présente étude a intéressé La plaine de Tadla, d'une superficie de 3600 km<sup>2</sup>, se situe dans le bassin de l'Oum Er Rbia entre le Haut Atlas au Sud et le plateau des phosphates au Nord, et a fait l'objet d'une étude.

Le traitement des données par l'analyse en composantes principales a porté sur 23 variables et 25 points de mesure(eaux souterraines) Les variables quantitatives prises en compte dans ce traitement sont la température de l'air, la Température de l'eau, le pH, la conductivité électrique, IP, TAC, TH, RS, FeT, SF, CT, CF, et les teneurs en éléments minéraux(Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sup>+</sup>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> et NO<sub>3</sub><sup>-</sup>).

L'analyse en composantes principales montre qu'il y a deux sortes de pollution l'une naturelle et l'autre engendrée par l'activité anthropique la première montré par une forte corrélation entre les éléments tels que le calcium, le chlore, le sodium, le magnésium, le potassium, la conductivité et les résidus secs. Et la deuxième a été montrée par la faible corrélation positive entre la contamination bactériologique et les nitrates.

**Mots-clés :** Eaux souterraines, ACP, pollution, plaine de Tadla.

## CHANGEMENTS HYDROLOGIQUES ET CLIMATIQUES DANS MOYEN ATLAS MAROCAIN. LES DIATOMÉES DU SITE DE TIGALMAMINE

El Hamouti Najib<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté PluriDisciplinaire de Nador- Maroc.

Email: [nelhamouti@yahoo.fr](mailto:nelhamouti@yahoo.fr)

Les diatomées du site de Tigalmamine (32° 54' N, 5° 21' W) fournissent de précieuses informations sur les grands changements hydrologiques et climatiques dans le Moyen Atlas marocain depuis 10 ka BP. Les variations de la profondeur du lac de Tigalmamine sont interprétables en terme de fluctuations du bilan hydrique régional.

Les diatomées montrent un retour par étapes des précipitations et d'une température clémente, vers 9 Ka B.P. et autour de 7 Ka B.P. Des épisodes régressifs abrupts ponctuent l'histoire holocène du site de Tigalmamine autour de 10.3-10 Ka B.P., 6.9-6.8 Ka B.P., 3-2.8 Ka B.P., 4.5-4.4 Ka B.P., et 1.9-1.7 Ka B.P. Action anthropique depuis 2 Ka B.P.

Ces crises climatiques enregistrées à Tigalmamine de durée 100 à 400 ans encadrant des épisodes de sécheresse de durée de 50 ans paraissent se produisent tous les 2000 à 3000 ans. Elles sont d'une importance immédiate pour la prédiction du climat et pour une meilleure gestion de l'eau du Maroc, pays avec un constant déficit de pluies depuis une bonne vingtaine d'années.

**Mots-clés :** Maroc, Moyen Atlas, Tigalmamine, Diatomées, Hydrologie, Climatologie, Holocène.

## CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DES ZONES À POTENTIALITÉS HYDRIQUES DANS LE BASSIN CRÉTACÉ DE BOUDNIB (RÉGION D'ERRACHIDIA, MAROC) PAR APPLICATION DE LA PROSPECTION GÉOÉLECTRIQUE

El kourchia A.<sup>1</sup>, Boualoul M.<sup>1</sup>, Hilali M.<sup>2</sup> et Fassi Fehri O.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Equipe de recherche de géophysique et de géotechnique, Fac des Sciences, Meknès

<sup>2</sup>Ecole Mohammedia des Ingénieurs, Rabat

<sup>3</sup>Agence Hydraulique du Sebou, Fès

Email: [elkourchia@yahoo.fr](mailto:elkourchia@yahoo.fr)

Le bassin de Boudenib est situé à la frontière de deux vastes domaines structuraux : l'Anti-Atlas et le Haut Atlas. Il montre actuellement les caractéristiques d'un bassin d'avant-pays comblé de dépôts détritiques continentaux, issue de l'orogénèse atlasique.

Plusieurs études géophysiques notamment géoélectriques ont été réalisées dans le bassin pour répondre à un besoin urgent à savoir la détermination des sites favorables à l'implantation des forages d'eau.

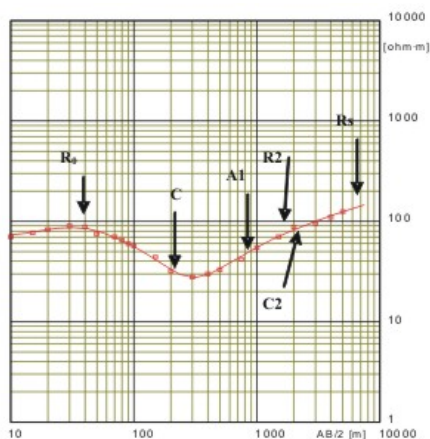


Figure 2 Coupe géoélectrique 7BB

	couche n°	Rés. (ohm.m)	Epaisseur (m)	Prof. toit (m)	Lithologie	Age
R0	1	70	10	0	alluvions	Quaternaire
	2	135	15	-10		
	3	33	20	-25		
	4	93	25	-45		
C	5	12	115	-70	marnes	Sénonien
A2	6	47	205	-185	sables+argiles	
R2	7	344	230	-390	grés+calcaires	
C2	8	31	195	-620	marnes+sables	
Rs	9	210	inf	-815	calcaires	Turonien

Figure 1. Diagramme du sondage électrique 3BB1S et sa solution

L'analyse de cette coupe montre l'existence de deux zones séparées par la discontinuité électrique D2

-Une zone située au Sud de la discontinuité électrique D2 caractérisée par la présence des sondages électriques de la famille A, on constate la présence d'un plongement doux et régulier de l'ensemble résistant R2 + Rs dont la profondeur du toit augmente de 410m (SEV 7BB1) à 440m (SEV7 BB2) pour le résistant R2 et de 840m (SEV 7BB1) à 880m (SEV 7BB2) pour le substratum résistant Rs.

-La résistivité du résistant R2 varie entre 300 et 400 ohm.m pour le résistant R2

-une zone située au Nord de la discontinuité électrique D2, caractérisée par des sondages électriques de la famille B. Au niveau du SEV 7BB3, on constate la présence d'une remontée locale où les toits des résistants R2 et Rs atteignent respectivement des profondeurs de 385m et 765m. A partir de ce point, le toit de l'ensemble résistant R2 + Rs plonge vers le Nord pour atteindre une profondeur de 555m au droit du SEV 7BB6, ce qui permet d'augmenter la couverture de l'ensemble résistant R2+Rs surtout le conducteur C1 (330m).

-Au droit des SEV 7BB4, 7BB5 et 7BB6, le substratum résistant Rs ne réagit pas électriquement ce qui empêche la remontée de la courbe. Dans ce cas la conductance longitudinale du conducteur C2 est inférieure à celle du conducteur sous-jacent C1.

-Le toit du Turonien est situé à environ 70m plus bas que le toit du substratum résistant Rs.

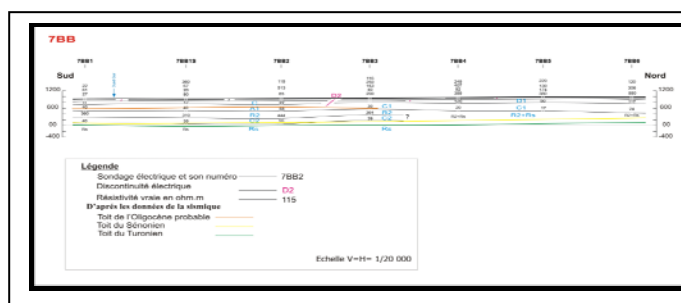


Figure 3 : Coupe géoélectrique 7BB

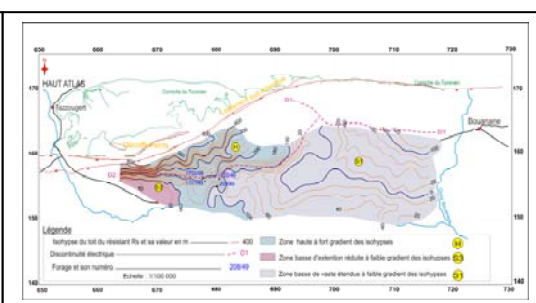


Figure 4 : Carte des isohypses du toit de l'ensemble résistant R2+Rs

#### Analyse de la carte des isohypses du toit du substratum résistant Rs (Figure.3)

L'analyse de cette carte montre :

- Une zone haute (H) caractérisé par un fort gradient des isohypses comprise entre 100m et 600m traduisant la remontée accentuée vers le Nord-Ouest et Ouest du toit du résistant Rs.

-Une zone basse de vaste étendue (S1) à faible gradient des isohypses qui sont comprises entre les cotes 100m et -120m ; elle s'étend sur la partie orientale. Cette diminution des valeurs des isohypses s'explique par le plongement du toit du résistant Rs vers le Nord-Est.

-Une zone basse (S3), d'extension réduite à faible gradient des isohypses et qui possède des valeurs inférieures à 100m.

#### Conclusion

A l'échelle des bassins sédimentaires, la prospection géo électrique s'avère un outil puissant pour mettre en évidence les zones à intérêt hydrogéologique notamment dans les zones arides tel que le bassin de Boudenib. Cette cartographie favorise le choix des sites d'implantation de futures forges d'eau dont l'exploitation et la gestion contribuent au développement durable de la région.

## LOCALISATION DE L'INTERFACE EAU DOUCE-EAU SALÉE DANS LE SAHEL CÔTIER DES DOUKKALA (PROVINCE D'EL JADIDA, MAROC)

**EI Maliki Soufiane<sup>1</sup>, EI Achheb Abderrahim<sup>1</sup>, Amar Mounir<sup>1</sup> et Mdikar Nabil<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géosciences et Techniques de l'Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences, El Jadida, Maroc.

Email: [soufianemaliki@yahoo.fr](mailto:soufianemaliki@yahoo.fr), [elachhebabderrahim@yahoo.fr](mailto:elachhebabderrahim@yahoo.fr)

Dans la région du Sahel central des Doukkala, et plus précisément dans la plaine côtière dite « Oulja » les activités agricoles sont intensives dont les maraîchères constituent les principales cultures de la région, presque 30 % de production de tomates à l'échelle du Maroc. En absence de toute ressource en eau superficielle dans la région, les eaux souterraines restent les seules à exploitées. La surexploitation de ces ressources peut avoir créé un déséquilibre dans le système eau douce/eau salée est par conséquent la salinisation des eaux souterraines de cette région côtière.

L'étude de la salinité de la nappe du Sahel de l'Oulja exprimée par la conductivité électrique de ses eaux souterraines, montre une augmentation de cette dernière au fur à mesure quand ce rapproche de la mer. L'utilisation des traceurs chimiques caractéristiques de l'eau de mer (Na<sup>+</sup>;Cl<sup>-</sup>;Mg<sup>2+</sup>) laisse penser à une influence marine sur plusieurs zones de la bande côtière allant de Jorf Lasfar à Oualidia.

Dans le cadre de cette étude et pour vérifier l'hypothèse d'une influence marine, des mesures de la conductivité électrique en fonction de la profondeur (Log de salinité) ont été effectuées à l'aide d'une sonde multiparamétrique dans des sondages situés le long de la bande côtière. Ces mesures nous ont permis de localiser directement en profondeur et avec précision l'interface eau douce/eau salée. La confrontation de ces résultats avec les investigations géoélectriques permet de dresser une carte de répartition spatiale du toit du biseau salé le long du Sahel côtier de l'Oulja.

**Mots-clés** : Eau souterraine, salinité, Log de conductivité, Biseau salé, Sahel des Doukkala, Maroc.

## ÉTAT DES RESSOURCES EN EAU EN AVAL DE LA VILLE DE MARRAKECH AVANT ET APRÈS L'INSTALLATION DE LA STATION D'ÉPURATION

**EI Masoudi A.<sup>1</sup>, Laftouhi N.<sup>1</sup>, EI Mandour A.<sup>1</sup>, Ouazzani N.<sup>2</sup>, Hakkou R.<sup>3</sup> et Azzam R.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire GEOHYD Faculté des Sciences Semlalia Marrakech, Maroc

<sup>2</sup>Laboratoire d'écotoxicologie Faculté des Sciences Semlalia Marrakech, Maroc

<sup>3</sup>Laboratoire de Chimie Faculté des Sciences et Techniques Guéliz Marrakech, Maroc

<sup>4</sup>LIH RWTH Aachen University, Allemagne

Email: [fssmhydro@yahoo.fr](mailto:fssmhydro@yahoo.fr)

Depuis plusieurs décennies, en aval de la ville de Marrakech, une superficie d'environ 1000 ha est irriguée avec les eaux usées brutes de Marrakech.

Du fait de sa faible profondeur et de l'intensification des activités humaines, la nappe phréatique d'El Azzouzia a commencé à émettre un signal d'alarme quant à sa pollution par les eaux usées.

L'objectif de la présente étude est de décrire la qualité des eaux de la nappe d'un point de vue physico-chimique avant la mise en place d'une station de traitement des eaux usées et la comparaison avec les résultats des campagnes de 2007.

En se référant aux normes de potabilité marocaines des eaux souterraines en matière de taux de salinité et de nitrates (ONEP 1990), on constate que les eaux de la nappe phréatique de la zone d'épandage d'El Azzouzia en 2007 dépassent la norme qui est 50 mg/l (nitrates). En outre, tous les puits prospectés présentent des valeurs de conductivité électrique supérieures à 1300 µs/cm.

Les puits dépassant également les normes de potabilité en ions Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> représentent respectivement 100 %, 6.8 %, 75.49 %, 41.38 %, 100 % et 14.93 %.

En matière de métaux lourds (Pb, Fe, Al, Cr, As, Zn et Cu), les taux du Pb et Al dépassent les normes, les taux des autres éléments restent inférieurs ou égaux aux normes de qualité. Le sol va piéger les métaux lourds grâce aux phénomènes d'adsorption, pour cette raison on note une augmentation du taux des métaux lourds quand on va vers les émissaires.

La station d'épuration a été installée et fonctionne depuis 2008. Une campagne d'échantillonnage a été faite en cours de cette année et les résultats préliminaires de cette campagne montrent un impact positif (une diminution du taux de certains éléments, stabilité d'autres ou augmentation). Ces résultats seront vérifiés par une seconde campagne de validation qui aura lieu courant Octobre.

**Mots-clés:** Eaux usées, nappe d'El Azzouzia, Métaux lourds, Pollution, ville de Marrakech, Station d'épuration, Nitrates, Physico-chimie.

## **GESTION INTÉGRÉE DE L'EAU AU NIVEAU DU BASSIN DE SOUSS-MASSA: DÉVELOPPEMENT D'UN MODÈLE INTÉGRÉ DE BASSIN**

**Elame Fouad<sup>1</sup> et Doukkali Mohamed Rachid<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Agadir

<sup>2</sup>Institut Agronomique et Vétérinaire (IAV) Hassan II, Rabat.

Les questions reliées à l'aléa climatique et la gestion de l'eau d'irrigation continuent à revêtir une importance majeure compte tenu de leurs impacts sur le milieu rural, en général, et l'allocation des ressources en eau, en particulier. L'agriculture marocaine reste donc dépendante de la forte variabilité des précipitations et de la fréquence élevée des sécheresses qui est devenu une contrainte structurelle pour notre pays.

Le présent travail élabore un prototype d'un modèle intégré de bassin versant (river basin model). La démarche proposée utilise les techniques d'optimisation et fait appel à la programmation mathématique positive pour la calibration d'un modèle empirique. Elle est basée sur un réseau de nœuds qui représente soit des entités physiques ou bien des flux d'eau entre ces différentes entités. Ce modèle permettra l'optimisation de l'allocation de l'eau au niveau du bassin de Souss-Massa entre les différents secteurs usagers de la ressource eau et le calcul du prix économique de l'eau à l'échelle du bassin. Les résultats de cette étude montrent que la politique de la gestion de la demande doit être nuancée par bassin pour tenir compte des spécificités régionales. Le prix économique de l'eau au niveau du bassin est supérieur au prix financier, ce qui veut dire que la politique de tarification de l'eau appliquée reste insuffisante pour une rationalisation de l'utilisation et une préservation de la ressource à long terme notamment en situation de sécheresse.

**Mots-clés :** gestion de l'eau; bassin versant, irrigation, Souss-Massa, modèle économique intégré, programmation mathématique positive, prix économique.

## **ÉTUDE DES CRUES DE L'OUED OUERGHA ET LEUR IMPACT SUR LES BERGES AU NIVEAU DU VILLAGE OULED ZIANE**

**Elboudouri A.<sup>1</sup>, Benaabidate L.<sup>2</sup> et Zian A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences de Kénitra.

<sup>2</sup>Laboratoire de Géoressources et Environnement, FST – Fès

Email: [delboudouri@gmail.com](mailto:delboudouri@gmail.com)

Le bassin versant de l'oued Ouergha, situé dans la partie septentrionale du Maroc connaît depuis longtemps des crues et des inondations parfois dévastatrices. Ce travail porte sur l'étude des risques liés aux crues et aux affouillements des berges au niveau de l'Oued Ouergha.

Dans ce bassin versant, les terrains imperméables à semi-perméables occupent presque la totalité de la superficie du bassin, l'écoulement superficiel se trouve ainsi favorisé. Cette situation confère aux écoulements un caractère torrentiel et offre un environnement propice aux pulsations brutales des cours d'eau, et par conséquent, engendre des risques d'inondation.

D'un autre côté, le régime climatique de ce bassin versant est caractérisé par un climat tempéré influencé par la mer avec des hivers plus froids en altitude et des hauteurs de précipitations moyennes annuelles variant de 500 à 1000 mm (zone la plus arrosée du Nord – Ouest) et voisines de 800 mm sur le versant atlantique. Les précipitations moyennes interannuelles sont de 680 mm.

Par conséquent, les conditions géologiques et climatiques sont propices à la genèse des crues. Ces crues, par leur action répétée engendre des dégradations notables au niveau de la rive droite sur un tronçon de longueur environ 600 m, au niveau du village de Ouled Ziane.

Ces dégradations auraient des répercussions néfastes sur les habitations que comportent le village et sur les terrains de cultures qui longent l'oued. Les terrains limitrophes à l'oued se trouvent chaque fois menacés par les crues dont les débits et vitesses importants sont responsables du sapement progressif des berges et donc des pertes en terrains agricoles.

Au terme de ce travail, on a essayé d'adopter des méthodes d'estimation et de prédétermination des crues et d'évaluer les risques d'inondations dans le but de minimiser les répercussions des futures crues probables.

**Mots-clés** : Oued Ouergha, crues, instabilité, berge

#### **MEASURING WATER UTILITY'S EFFICIENCY AND POLICY IMPACT - A FUZZY LOGIC APPLICATION**

**Eldidy N. A.<sup>1</sup>, Stephenson D.<sup>1</sup> and Van Ryneveld M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering Science, University of Johannesburg, PO Box 524, Auckland Park, Johannesburg 2009, South Africa.

Email: [eldidy@sobek.co.za](mailto:eldidy@sobek.co.za)

The need for performance measurement in water utility presents itself due to the pressure exerted on the resource and the cost of service especially in developing countries.

The Paper proposes a model to quantify efficiency of water utilities identifying attributes and components impacting on system. A logic equation was developed where efficiency is function of utility size and community endowment. The model can be used to measure efficiency of a utility, community ostensible unaccounted for water, deciding on water investments or designing a new utility for efficiency. In addition, the paper presents possible imperfections in the water policies that may result in inherent inefficiency of the utilities and consumption inefficiencies.

The presented model was developed using a recent development in Fuzzy Logic as the platform for quantifying the utility aggregate efficiency and communities' optimum consumption leading to water system efficiency.

The theory shows inefficiency in labour use and asset investments results in high costs or bad cash flow.



## **PRÉPARATION ET CARACTÉRISATIONS DE COUCHES MINCES DE TiO<sub>2</sub> POUR DES APPLICATIONS ENVIRONNEMENTALES**

**Elfanaoui A.<sup>1</sup>, Elhamri E.<sup>1</sup>, Ihlal A.<sup>1</sup>, Boukadat L.<sup>1</sup>, Bouabid K.<sup>1</sup>, Laanab L.<sup>2</sup> and Portier X.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Matériaux et Energies Renouvelables (LMER), Université Ibn Zohr Dép. Physique, Faculté des sciences B.P.8106, Hay Dakhla, 80000 Agadir, Maroc.

<sup>2</sup>Centre de microscopie, Faculté des sciences, Université Mohamed V, 10 000 Rabat, Maroc.

<sup>3</sup>CIMAP, ISMRA, Bd Mal Juin, 14050, Caen, France.

Email: [ihlal\\_ahmed@yahoo.fr](mailto:ihlal_ahmed@yahoo.fr)

L'eau au même titre que l'énergie constituent des éléments stratégiques de première importance. De leur abondance dépend le développement humain. Malheureusement, ces dernières années ont enregistré des déficits hydriques importants et une demande accrue en énergie. L'utilisation excessive de cette dernière a provoqué des dérèglements climatiques et écologiques. Le cycle de l'eau étant l'un des plus affecté. D'autre part l'énergie est aujourd'hui essentielle dans la production d'eau potable. Ainsi, les questions de l'eau et de l'énergie sont intimement liées. A cet effet, et pour un développement durable, il est primordial d'utiliser des sources d'énergie non polluantes comme les énergies renouvelables. Le but de cette communication est de présenter quelques résultats sur la préparation d'un matériau utilisé, entre autre, dans la purification de l'eau en se basant sur le rayonnement solaire comme source d'énergie. Il s'agit du dioxyde de titane. Des couches minces de ce matériau ont été préparées par des méthodes simples et peu coûteuses, en l'occurrence la méthode sol-gel spin coating. Les caractérisations de nos couches ont montré qu'il s'agit de couches nanométriques dont l'énergie du gap est supérieure à 3.2 eV. Ces valeurs sont relativement élevées et ne permettent que l'absorption de la composante UV du rayonnement solaire. Pour réduire cette valeur, des essais de dopage à l'argent et à l'aluminium sont en cours dans le but d'élaborer un matériau capable d'absorber la composante visible du rayonnement solaire.

## **VALORISATION DE L'EAU D'IRRIGATION DANS LE BASSIN DU SOUSS-MASSA**

**Elfasskaoui Mhamed<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Secrétaire Général de l'Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa et de Draa  
Avenue My Abdellah, Box 432, Agadir, Maroc

Email: [elfasskaoui\\_mhamed@yahoo.fr](mailto:elfasskaoui_mhamed@yahoo.fr)

L'irrigation a joué un rôle déterminant dans le développement économique et social du pays. Elle a à son actif plusieurs acquis. Ainsi, elle a amplement contribué à la sécurisation de la production alimentaire et à la promotion de pôles de développement dans le milieu rural. Ceci n'empêche pas que certains aménagements, conduisant à des prélèvements abusifs ou des rejets polluants, ont pour effet de modifier le régime naturel des eaux, de dégrader la qualité des ressources en eau et des sols, et de perturber les écosystèmes. L'eau est aussi une ressource fragile, qu'il convient de conserver et de protéger contre toutes les formes de pollution et de gaspillage, qui atteignent des niveaux critiques dans le bassin du Souss Massa.

Le développement anarchique des pompages privés a conduit à un épuisement inquiétant des ressources en eau souterraine. Ce phénomène est particulièrement préoccupant dans les plaines du Souss Massa. Il porte atteinte au capital naturel et remet en cause l'existence même de l'exploitation agricole. Les zones côtières quant à elles sont confrontées au risque d'intrusion dans le système aquifère des eaux salées d'origine marine.

La plaine du Souss recèle un certain nombre d'atouts du développement économique et social du pays. La production agricole occupe une place de choix avec, en particulier, 42% de la production d'agrumes et 47% des exportations, 62% de la production maraîchère et 34% des exportations.

Cependant, ce progrès s'est malheureusement accompagné d'un épuisement des ressources en eau souterraine, vu que la mobilisation des ressources en eau de surface, dont une partie est utilisée pour la recharge artificielle de la nappe, n'a pas permis de couvrir tous les besoins.

Les constats et les perspectives montrent que l'accroissement de l'offre, qui a constitué la réponse traditionnelle des politiques de l'eau au Maroc et dans d'autres pays méditerranéens, a atteint aujourd'hui ses limites. Or, on est actuellement contraints d'agir sur la demande en eau et pas uniquement sur l'offre.

En conséquence de quoi le bassin du Souss Massa est aujourd'hui, plus que jamais, confronté à de multiples contraintes, telles la surexploitation accrue des nappes, l'urbanisation croissante de l'aire régionale, l'émergence de nouveaux besoins en eau, et la question de bonne gouvernance de la gestion des ressources en eau.

La sécheresse représente également une menace pour les ressources en eau. En effet, le caractère globalement aride de la région, est aggravé par l'occurrence de périodes de sécheresses aiguës structurelles, notamment ces trois dernières décennies.

Comme toute ressource renouvelable, l'eau souterraine peut être indéfiniment mobilisée pourvu que le taux d'extraction ne dépasse pas le taux de recharge. Dans beaucoup de régions, cependant, les aquifères reçoivent une recharge naturelle si faible qu'ils sont essentiellement non renouvelables.

Devant cette situation de ressources en eau limitées, il devient impératif de veiller à une utilisation rationnelle et économe des eaux mobilisées. Le développement des ressources en eau au niveau du bassin, repose sur l'utilisation rationnelle, voire l'économie et la meilleure valorisation des eaux d'irrigation par l'adoption de techniques d'irrigation plus performantes et la pratique des cultures moins exigeantes en eau et plus valorisantes de chaque mètre cube d'eau utilisé.

## PHYSICO AND PHYTO REMEDIATION TECHNIQUES OF WASTEWATER TRACE ELEMENTS

**Elssaidi M.A.<sup>1</sup>, Almathnani A.M.<sup>1</sup> et Mohamed A.R.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Environmental Science Dept., Faculty of Engineering and Technology; Sebha University-Libya.

Email: [Elssaidi@yahoo.co.uk](mailto:Elssaidi@yahoo.co.uk)

Lime was performed to evaluate the immobilization of heavy metals in sewage sludge, aiming to reduce the bioavailability of Cd, Co, Cr, Cu & Pd to plants, lime addition was significantly reduced DTPA-extractable contents of the studied heavy metals. There were major differences between heavy metals accumulated in the sewage sludge, showed as, Cd > Co > Cu > Cr > Pd. Iron-slag was used as well, which reduced the bio-available form of the studied heavy metals, but in lower percentages than lime. There were some differences among heavy metals remained in the sludge, according to the following trend, Pd > Cu > Co > Cr > Cd. Local dry plant materials commonly available (traditional coal, wheat straw and dry alfalfa) were used to examine their efficiency to minimize and/or adsorb some elements (manganese, zinc & iron) from wastewater. The results revealed that the materials used showed different trends in their efficiencies. Data also showed that manganese ions were highly removed compared to zinc and iron. The results also proved that the plant residues behave differently according to the target metal; Dry alfalfa more efficient than the other materials for removing manganese and iron, while wheat straw for zinc. *Limna minor* as a phytoremediator showed that the maximum heavy metals uptake rates were realized after 20 days. Primary treated showed higher values than final effluent. In similar trends of the studied elements. Bioconcentration factors (BCF) and the rates of heavy metals removal revealed higher values with final effluent than primary treated sewage with all heavy metals, reflecting the following trend, Cd > Cr > Co > Pd > Cu for BCF, while

rate of metals removals showed the following trend,  $Cu > Pd > Cr > Co > Cd >$  in higher values using primary treated.

### **SUIVI ET ANALYSE DES EFFETS DE L'IRRIGATION AVEC LES EAUX SALÉES SUR LE SOL ET LES RENDEMENTS AGRICOLES DANS LE SUD TUNISIEN (RÉGION D'EL FJE MÉDENINE)**

**Enneb Ibtissem<sup>1</sup>, Taamallah Houcine<sup>1</sup> et Hatira Abdessatar<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Eremologie et de lutte contre la désertification, Institut des Régions Arides, Médenine.

<sup>2</sup>Laboratoire de Pédologie, Faculté des sciences El Manar II, Tunisie

Email: [benneibt2006@yahoo.fr](mailto:benneibt2006@yahoo.fr)

Ce travail vise l'évaluation de la salinité des sols et de son impact sur les caractéristiques physico-chimiques du sol, suite à l'irrigation avec des eaux saumâtres, ainsi que la tolérance aux sels de certaines variétés d'orge et de betterave fourragère. L'eau utilisée pour l'irrigation provient d'un forage qui pompe l'eau à partir de la nappe phréatique de l'oued El Fjé (Médenine, Tunisie). Le débit de pompage est estimé à 15 l / s. Cette eau saumâtre a une forte salinité avec une conductivité électrique de 8 dS / m et un résidu sec de 6000 mg/ l.

Deux variétés d'orge: Ardhaoui (variété locale) et Pakistani (variété introduite du Pakistan) et six variétés de betterave fourragère (Kyros, Magnum, Troya, Nestor, Tintin et Astérix) ont été utilisées pour étudier leur tolérance à la salinité. Quatre systèmes d'irrigation (le « goutte à goutte », la submersion améliorée, la submersion et l'aspersion) ont été adoptés pour la campagne hivernale d'orge et un suivi des caractéristiques de l'eau d'irrigation et des sols a été réalisé. Pour la betterave fourragère un seul système le « goutte à goutte » a été utilisé.

Les résultats montrent que la salinité des parcelles, irriguées à l'eau salée, augmente depuis la surface pour tous les traitements en particulier pendant la saison sèche, à l'exception du système « goutte à goutte » où la salinité en surface est relativement faible. La conductivité électrique du sol est en corrélation avec les deux éléments sodium et chlorure. Les sulfates ont également une concentration élevée principalement dans les couches profondes. Toutefois, au cours de la saison sèche, les sulfates montent en surface par remontée capillaire.

Cette étude indique également que les deux variétés d'orge (Ardhaoui et Pakistani) ont une grande capacité de résistance à la salinité de l'eau et des sols, en particulier pour la submersion améliorée. Pour la betterave fourragère, deux seulement parmi les variétés introduites manifestent de grandes capacités de résistance à la salure de sol et de l'eau d'irrigation ainsi qu'aux conditions climatiques du sud Tunisien et donnent des bons rendements agricoles. Il s'agit des variétés Tintin et Nestor.

**Mots-clés:** Eau salée, salinité des sols, mode d'irrigation, orge, betterave fourragère, zones arides, Sud Tunisien.

### **FAIRE FACE À LA BAISSSE DES NIVEAUX D'EAU SOUTERRAINE DANS LA RÉGION DE LA CHAOUIA ET BERRECHID : PERSPECTIVES POUR ACCOMPAGNER LA GESTION ET L'AMÉLIORATION DES CAPACITÉS D'ADAPTATION**

**Errahj M.<sup>1</sup> and Faysse N.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès, Km 10, route Haj Kaddour, BP S/40, Meknès

<sup>2</sup>CIRAD-ENA, Km 10, route Haj Kaddour, BP S/40, Meknès

Email: [merrahj@yahoo.fr](mailto:merrahj@yahoo.fr), [faysse@cirad.fr](mailto:faysse@cirad.fr)

Dans la région de la Chaouia côtière et de Berrchid, l'utilisation des eaux souterraines pour l'irrigation a permis un développement agricole considérable par le passé. Cependant, elle a conduit à une baisse rapide des niveaux de nappe et à l'intrusion saline sur la zone littorale. Les agriculteurs de

la Chaouia et des zones périphériques de la nappe de Berrchid se voient déjà fortement contraints pour l'accès à l'eau, une situation qui pourrait s'étendre dans les années à venir à tout le complexe aquifère de Berrchid en l'absence de gestion. Dans les deux zones comme ailleurs au Maroc, la mise en place de mécanismes de gestion est difficile parce que les prélèvements d'eau souterraine sont très nombreux et informels, et que les institutions de gestion de la ressource sont récentes et ont encore des moyens humains limités.

Deux projets de recherche et d'accompagnement sont menés conjointement sur ces deux zones, dans le cadre d'une collaboration entre agence de bassin, centres des travaux et institutions d'enseignement et de recherche. Dans la région de Berrchid, le projet vise l'accompagnement à la réflexion des acteurs locaux sur les possibles mécanismes de gestion, plus ou moins directs, de l'utilisation des eaux souterraines. Une étude préliminaire a permis de montrer la présence importante des locataires et la faible présence des organisations professionnelles agricoles, un double défi à relever pour organiser des instances de concertation. Dans la région de la Chaouia côtière, où les perspectives de gestion de la nappe sont moins claires, la réflexion porte sur comment améliorer la capacité des agriculteurs à une meilleure adaptation à la pénurie croissante d'eau douce et la variabilité climatique. Ceci passe par l'identification et la mise en discussion d'opportunités à la fois au niveau individuel, collectif et régional

#### **AN OPERATIONAL TOOL FOR EVAPOTRANSPIRATION ASSESSMENT USING REMOTE SENSING**

**Er-Raki S.<sup>1</sup>, Chehbouni A.<sup>2</sup>, Ezzahar J.<sup>1</sup>, Simonneaux V.<sup>2</sup>, Hanich L.<sup>3</sup> and Ossan A.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Cadi Ayyad University/Institut de Recherche pour le Développement, Marrakech, Morocco

<sup>2</sup>CESBIO- Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Toulouse, France

<sup>3</sup>Faculty of Sciences and Technology, Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco

<sup>4</sup>Instituto de Desarrollo Regional, Universidad de Castilla-La Mancha

Email: [s.erraki@ucam.ac.ma](mailto:s.erraki@ucam.ac.ma)

In the arid and semi-arid regions, water scarcity is one of the main limiting factors for economic growth. The impact of such water scarcity is amplified by inefficient irrigation practices, especially since about 85% of available water is used for irrigation in these regions. Therefore, sound and efficient irrigation practices are needed for achieving sustainable management of water resources in these regions. In this context, several research programs have been designed to develop tools to support efficient management of irrigation water. PLEIADes project is one of those programs which aim to improve the performance of irrigation schemes by developing a new tool "SPIDER". The Tensift semi-arid basin in Morocco is one of the focus study area of the PLEIADes project. This study showed that how remote sensing data can be integrated in SPIDER for mapping crop evapotranspiration. Such maps could help the farmer to control water more efficiently and improve the environmental and economic performance of their irrigation systems.

## APPORT PRÉLIMINAIRE DES TRACEURS CHIMIQUES ET ISOTOPIQUES POUR L'ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES AQUIFÈRES SOUS CLIMAT ARIDE : CAS DE L'ANTI-ATLAS, RÉGION DE TIZNIT-TAFRAOUT, MAROC

**Ettayfi N.<sup>1</sup>, Bouchaou L.<sup>1</sup>, Hsissou Y.<sup>1</sup>, Tagma T.<sup>1</sup>, Boutaleb S.<sup>1</sup>, Warner N.<sup>2</sup>,  
Vengosh A.<sup>2</sup>, Lgourna Z.<sup>1</sup>, Belkacim S.<sup>1</sup>, Michelot J.L.<sup>3</sup> et El Faskaoui M.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-Environnement, Université Ibn Zohr, Faculté des Sciences, Agadir, Maroc.

<sup>2</sup>Division of Earth and Ocean Sciences, Nicholas School of Environment and Earth Sciences, Duke University, Durham, NC, USA

<sup>3</sup>UMR "IDES", CNRS – Université Paris-Sud, Orsay, France

<sup>4</sup>Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa-Draa, Agadir, Maroc

Email: [ettayfi.najat@gmail.com](mailto:ettayfi.najat@gmail.com)

La région de Tiznit-Taфраoute est située au Sud du bassin hydraulique du Souss-Massa. L'étude portera plus précisément sur le secteur entre la boutonnière d'Ifni à l'Ouest et celle de Kerdous à l'Est et le massif granitique de Taфраoute. Le site d'étude, caractérisé par un climat semi aride, montre une lithologie très variée avec une dominance des formations cristallines du précambrien et carbonatées du Paléozoïque. Ces formations sont très fissurées et faillées avec des phénomènes karstiques bien avancés dans les calcaires. Par conséquent, elles sont le siège d'aquifères potentiels qui se manifestent par de nombreuses sources plus ou moins importantes, dont les eaux contribuent énormément à l'alimentation en eau potable des populations de la région et à l'irrigation des nombreuses palmeraies, notamment du versant sud de l'Anti-Atlas.

Les analyses chimiques isotopiques et de radioactivité réalisées sur les prélèvements d'eau des premières campagnes de reconnaissance pour déterminer l'origine de l'alimentation des sources et les modes de circulation des eaux dans les aquifères de l'Anti-Atlas, font apparaître les résultats suivants :

Les eaux du Plateau de Lakhsass présentent deux faciès : un faciès bicarbonaté calcique et magnésien caractérisant les eaux douces provenant des carbonates et un faciès hyper sulfaté calcique résultant de la dissolution de l'anhydrite (CaSO<sub>4</sub>) contenu dans le faciès évaporitique à partir duquel s'abouchent les sources thermales. Dans la région de Taфраout, les eaux présentent un faciès mixte à tendance chloruré résultant de la dissolution des minéraux du granite.

Du point de vue isotopique, les eaux qui débouchent des carbonates présentent un rapport <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr qui varie entre 0.709 et 0.712, dépassant la norme des carbonates qui est de l'ordre de 0.707 à 0.708, ce qui laisse penser à une influence des roches cristallines alors que les eaux qui débouchent des granites de Taфраout présentent un rapport <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr qui varie entre 0.711 et 0.735 faisant partie de la norme qui peut dépasser 0.74.

Les moyennes des teneurs de la radioactivité sont très élevées au niveau des sources thermales <sup>226</sup>Ra=18.670pCi/L (eaux salines et chaudes), élevées au niveau des eaux des granites <sup>226</sup>Ra= 2.021pCi/L et faibles au niveau des sources qui débouchent des carbonates <sup>226</sup>Ra= 0.542pCi/L.

Ces résultats préliminaires montrent que les points d'eau prélevés sont alimentés par des eaux lessivant des formations lointaines différentes des formations où apparaissent les exutoires. Ceci indique que le bassin d'alimentation est parfois étendu au delà du bassin topographique. Ce résultat permettra de mieux cerner les périmètres de protection des eaux utilisées pour l'alimentation en eau potable dans la région.

*Ce travail est réalisé dans le cadre du projet financé par:*

*NATO Project n°: SFP 983134*

*Action Concertée CNRST-CNRS n° SDU/10/08*

## USING THERMAL REMOTE SENSING DATA FOR MONITORING THE EVAPOTRANSPIRATION OVER SEVERAL AGRICULTURAL FIELDS IN SEMI-ARID REGION

Ezzahar J.<sup>1</sup>, Chehbouni A.<sup>2</sup>, Erraki S.<sup>1</sup>, Khabba S.<sup>3</sup>, Hanich L.<sup>3</sup> and Marah H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Université Cadi Ayyad/ Institut de Recherche pour le Développement, Marrakech, Maroc

<sup>2</sup>Institut de Recherche pour le Développement /Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère BP 31401  
cedex Toulouse, France

<sup>3</sup>Université Cadi Ayyad, Maroc

<sup>4</sup>Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires, Maroc

Email: [j.ezzahar@ucam.ac.ma](mailto:j.ezzahar@ucam.ac.ma)

Monitoring water management requires daily values of evapotranspiration ET at different time-space scale. Sun synchronous optical remote sensing, which allows for the assessment of ET at the required scale for irrigation management purposes (a few hundred meters resolution), provides instantaneous estimates during satellites overpass. Therefore, the current study aims at deriving the daily ET from instantaneous remote sensing data by combining the spatial and temporal aggregation methods. In this context, three sites (Agdal, R3 and Agafay) in the Tensift Al Haouz plain (region of Marrakech city, central Morocco) have been equipped with an eddy covariance (EC) system, infrared thermometer and an ancillary micrometeorological data such as wind speed, incoming and outgoing solar radiation, and temperature and humidity of the air. Agdal and R3 are a flood irrigated olive yard and wheat respectively. Agafay is a drip irrigated orange yard. The comparisons between the modelling ET and EC measurements are very encouraging.

**Keywords:** evapotranspiration, eddy covariance, remote sensing data, olive, wheat, orange, semi-arid region.

## APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION AU SUIVI ET A L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Fadil Abdelhamid<sup>1</sup> et Kharchaf Youness<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculté des sciences Ain Chock, Université Hassan II, Casablanca

Email: [a\\_fadil@yahoo.com](mailto:a_fadil@yahoo.com)

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet visant l'identification de l'origine et les causes de la variation de la qualité de l'eau brute servant à produire l'eau potable pour la région de Casablanca et particulièrement au niveau des retenues de barrages alimentant cette ville à savoir le barrage Sidi Mohamed Ben Abdellah situé dans le bassin versant Bouregreg et le barrage Sidi Said Mâachou situé dans le bassin versant d'Oum Rbiâ.

Ce travail a pour but d'étudier la faisabilité d'utiliser les images satellites pour détecter certains paramètres caractérisant la qualité de l'eau et ce dans l'objectif d'exploiter les avantages et les potentialités offerts par la télédétection en termes de couverture spatiale et temporelle.

L'étude a porté sur l'utilisation des images satellites du capteur Landsat TM sur les deux zones d'étude en procédant par le géoréférencement de ces images, la correction de l'effet de l'atmosphère puis la modélisation des données des images multi-bandes afin d'en extraire certains indices relatifs à la thématique de la qualité de l'eau.

Les premiers résultats montrent que la télédétection peut apporter des informations intéressantes qui peuvent être utilisées pour évaluer et surveiller plusieurs paramètres de la qualité de l'eau comme : la température, la chromaticité, la chlorophylle a, la turbidité et la matière en suspension totale. Une comparaison entre les paramètres déduites des images satellites via des modèles et les mesures prises du terrain est mise en œuvre pour bien illustrer l'apport de la télédétection dans ce domaine.

Les paramètres de la qualité de l'eau calculés à partir des images satellites sont des facteurs clés pour comprendre les changements de la qualité de l'eau et montrent bien que la télédétection peut servir comme un outil de modélisation de la qualité de l'eau et particulièrement à travers sa réponse répartie dans tout un espace continu et pas seulement dans un échantillonnage de points.

**Mots-clés** : Qualité de l'eau, Télédétection, Bassin versant, Modélisation, images satellites

## **INCIDENCE DU DRAINAGE MINIER ACIDE SUR LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES AU NIVEAU DE LA MINE DE KETTARA ; HYDROGÉOCHIMIE ÉLÉMENTAIRE ET ISOTOPIQUE**

**Fahdi G.<sup>1</sup>, Guermouli H.<sup>1</sup>, Benkaddour A.<sup>1</sup>, El Amari K.<sup>1</sup>, Hibti M.<sup>1</sup>, Marah H.<sup>2</sup>, Raibi F.<sup>2</sup> et Toughzaoui S.<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géoressources, F.S.T Guéliz, B.P. : 549, Marrakech, Maroc

<sup>2</sup>Centre National d'Énergie des Sciences et des Techniques, BP1382, RP Rabat 10001

<sup>3</sup>Laboratoire de Géoressources et Environnement, F.S.T Fès, B.P. : 2202, Maroc

Email: [abbfattah@yahoo.fr](mailto:abbfattah@yahoo.fr)

La mine de Kettara, localisée à 32 km au Nord ouest de Marrakech sur la route de Safi, fait partie du massif des Jbilet. Elle constituait la seule source importante de soufre, sous forme de pyrrhotine, utilisé dans l'industrie des phosphates.

Le site minier de Kettara, abandonné en 1982, présente des stériles sulfurés estimés à plus de 2,5 millions de tonnes, constituant une source potentielle de pollution des eaux et des sols environnants.

L'étude hydrologique, portant sur deux cycles, a montré que les écoulements des eaux souterraines se font généralement du NE vers le SE. Les eaux circulent selon deux axes principaux représentant des zones de faiblesses structurales. Les écoulements sont parfois non continus puisque le site est marqué par une forte fracturation.

En période des basses eaux, les eaux de surface, au voisinage de la mine, présentent une minéralisation élevée (3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), un pH acides (2.5 à 3) et des concentrations élevées en métaux lourds. Ceci est le résultat du drainage minier acide (DMA) généré par l'oxydation des minéraux sulfurés au contact des eaux météoriques.

En amont du site minier, les eaux souterraines présentent des minéralisations modérées (< 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) et elles sont sous saturées vis-à-vis de la calcite de la dolomite et le gypse. Alors qu'au voisinage et en aval des haldes, elles présentent des concentrations élevées en certains éléments chimiques (en particulier  $\text{SO}_4$  et Mg). Les indices de saturations (IS), vis-à-vis des trois minéraux précités sont supérieurs à zéro. Ceci confirme également l'impact du DMA sur la qualité chimique des eaux souterraines dans la région.

La projection des analyses isotopiques sur un diagramme  $\delta^2\text{H}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  révèle que toutes les eaux souterraines s'alignent sur une droite de pente 4.4 et que l'eau de surface se trouve sur la droite météorique locale. A l'exception d'un seul puits, les eaux souterraines montrent donc un effet d'évaporation prononcé au niveau des puits affectés par le DMA.

**Mots-clés** : Mine de Kettara, lessivage, drainage minier acide, Hydrochimie, Isotopes stables.

## **ÉCHANGES AQUIFÈRES-LAGUNES DANS LE SAHEL CÔTIER DE OUALIDIA-SIDI MOUSSA (MAROC) : IMPACT SUR LE FONCTIONNEMENT ET LA PÉRENNITÉ DE L'ÉCOSYSTÈME**

**Fakir Y.<sup>1</sup>, El Mandour A.<sup>1</sup>, Kaidrassou K.<sup>1</sup>, El Himer H.<sup>1</sup>, Stigter T.<sup>2</sup> and Monteiro J.P.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, laboratoire GEOHYD, département de Géologie, BP. 2390, Maroc.

<sup>2</sup>Geo-Systems Centre/CVRM, Instituto Superior Técnico, Lisbon, Portugal

<sup>3</sup>Geo-Systems Centre/CVRM, Universidade do Algarve, Faro, Portugal

Email: [fakir@ucam.ac.ma](mailto:fakir@ucam.ac.ma)

Le Sahel littoral d'Oualidia-Sidi Moussa (Province d'El Jadida, Maroc), est caractérisé par la présence de plusieurs masses d'eau : eaux douces souterraines, océan atlantique et zone humide composée d'un ensemble de lagunes et marais.

Dans ce contexte où il peut y avoir une interaction entre différentes masses d'eau et plusieurs sources de contamination, il importe, dans une vision de protection de l'écosystème côtier et de durabilité des activités socio-économiques (tourisme, agriculture et pêche), de déterminer :

le fonctionnement hydraulique du système ;

les mécanismes de salinisation et de pollution existants ;

et la sensibilité de l'écosystème (aquifère - zone humide) à la pression anthropique et aux changements climatiques.

Les études géologique et hydrogéologique entreprises ont permis de conceptualiser le système aquifère comme un bicouche, à fonctionnement karstique, ouvert sur le plan hydraulique aux échanges avec les eaux de surface (océan et lagunes).

Les analyses géochimiques réalisées sur les eaux du Sahel de Oualidia-Sidi Moussa mettent en évidence des phénomènes de salinisation des eaux souterraines. L'origine de la salinité est à rattacher à l'intrusion des eaux salées à partir de l'océan, des lagunes et marais salants mais aussi à une origine géologique. Une contamination en nitrates et en Pb affectent certains points d'eau, témoin de l'impact des activités agricoles.

La lagune de Oualidia, alimentée par l'océan atlantique constitue un lieu de décharge des eaux souterraines. Les eaux souterraines se déchargent soit de façon diffuse soit sous formes de sources émergeant en basses marées. Le flux de décharge, difficile à évaluer, rapporte à la lagune des quantités d'eau douce nécessaires pour sa viabilité biologique. Le maintien de ce flux est menacé par l'intensification des pompages et par la réduction de la recharge pluviale des aquifères suite aux changements climatiques. L'impact de ces derniers sur l'ensemble de l'écosystème est en cours d'évaluation dans le cadre d'une approche pluridisciplinaire (projet CLIMWAT du groupe CIRCLE-MED) intégrant les paramètres hydrauliques, géochimiques et biologiques.

## **MODÉLISATION DES PRÉCIPITATIONS PAR LES RÉSEAUX DE NEURONES ARTIFICIELS DANS LE BASSIN VERSANT DE SIKKAK (TAFNA, NORD OUEST DE L'ALGÉRIE)**

**Fandi W.<sup>1</sup>, Bouanani A.<sup>1</sup>, Baba-Hamed K.<sup>1</sup> et Tabet Hellal A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire n°25, Promotion des Ressources Hydriques, Minières et Pédologiques. Législation de l'Environnement et Choix Technologiques. Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen, Algérie

Email: [w\\_fandi@yahoo.fr](mailto:w_fandi@yahoo.fr)

Les réseaux de neurones artificiels (RNA) constituent une nouvelle méthode d'approximation des systèmes complexes, particulièrement utile lorsque ces systèmes sont difficiles à modéliser à l'aide des méthodes statistiques classiques.

La classe de modèles RNA appelée perceptrons multicouches (PMC) a été privilégiée pour la prévision de phénomènes hydrologiques.



Dans ce travail, sachant que les modèles statistiques utilisés jusqu'à présent n'ont pas donné entière satisfaction, nous présentons une application de cette nouvelle approche neuronale sur des données pluviométriques de l'un des bassins du nord ouest algérien. L'objectif de cette application est de faire des simulations pour la prévision des précipitations à l'échelle d'une région ou dans un bassin où les mesures sont rares ou inexistantes. L'application a été réalisée au pas de temps annuel sur un nombre de stations respectives de 14 et 30 sur une période commune qui s'étale de 1970 à 2000 répartie sur tout le bassin de la Tafna.

**Mots-clés** : Modélisation, prévision, réseau de neurones, perceptron, modèle, Tafna, Sikkak.

### **ÉTUDE DU COMPORTEMENT D'UN SYSTÈME HYDROLOGIQUE PAR L'ANALYSE CORRÉLATOIRE ET SPECTRALE DES PLUIES ET DES DÉBITS (CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED SIKKAK – TAFNA NW DE L'ALGÉRIE)**

**Fandi W.<sup>1</sup>, Bouanani A.<sup>1</sup>, Baba-Hamed K.<sup>1</sup> et Tabet Hellal A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire n°25, Promotion des Ressources Hydriques, Minières et Pédologiques. Législation de l'Environnement et Choix Technologiques. Université Abou Bekr Belkaïd Tlemcen, Algérie

Email: [w\\_fandi@yahoo.fr](mailto:w_fandi@yahoo.fr)

Les analyses corrélatoire et spectrale des chroniques d'entrée et de sortie d'un système permettent d'obtenir des informations sur le fonctionnement de ce système, à partir de l'analyse de la structure de la totalité é des chroniques de pluies et de débits.

Dans un premier temps, il faudra analyser les informations contenues dans la chronique des débits (structure du signal de sortie). Il sera alors possible de détecter quelles informations sont conservées, éliminées ou modifiées.

Enfin, une analyse pluie – débits (entrée - sortie) va permettre d'apprécier de quelle manière les informations d'entrée sont reproduites à la sortie.

L'objectif de ce travail est de montré que cette approche peut être utilisée pour la compréhension et la caractérisation d'un système hydrologique en étudiant la réponse aux entrées pluies de l'écoulement global (souterrain et de surface) à l'aval d'un système karstique méditerranéen.

Les analyses corrélatoire et spectrale des chroniques de la pluie (entrée) et de débits (sortie) journaliers enregistrés au niveau du bassin versant de Sikkak, durant un seul cycle hydrologique nous ont permis d'obtenir des informations sur le fonctionnement de ce système hydrologique.

**Mots-clés** : Analyse corrélatoire et spectrale, relation pluie – débit, bassin versant, Sikkak.

### **OPTIMISATION DU TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES EFFLUENTS SYNTHÉTIQUE DES TANNERIES PAR RÉACTEUR SÉQUENTIEL DISCONTINU**

**Faouzi Mouna<sup>1</sup>, Merzouki Mohamed<sup>1</sup> et Benlemlih Mohamed<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Biotechnologie, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, BP : 1796, Atlas, Fès, Maroc

Email: [mounaf@yahoo.fr](mailto:mounaf@yahoo.fr)

Les eaux usées industrielles et domestiques de la ville de Fès contiennent une charge polluante de 500000 eq.hab et une quantité de matière organique estimée à 70 tonnes de DBO5 et 160 tonnes de DCO par jour. Ces effluents sont directement rejetés dans l'oued Sebou sans aucun traitement préalable. Par conséquent, ils provoquent une dégradation physico-chimique et biologique de l'écosystème aquatique de cette rivière. Face à cette situation, notre laboratoire s'est engagé dans l'optimisation du procédé de traitement biologique SBR (Sequencing Batch Reactor) à l'échelle du laboratoire pour traiter les effluents synthétiques des tanneries. Cette optimisation est basée sur l'étude de l'effet des concentration de 500 mg/l qui a montré une élimination de 100% de la DCO

totale, 99% de la DCO soluble, 95,6% de l'azote total et 92% du phosphore total par contre le traitement à une concentration de 1000 mg/l des chromes total a montré un abatement de 98,6% de la DCO totale, 98% de la DCO soluble, 90% de l'azote total et 88% du phosphore total.

**Mots-clés :** Effluents synthétiques des tanneries, Optimisation du traitement biologique, Réacteur séquentiel discontinu, chrome total.

### COMPARATIVE WATER QUALITY STUDY AT ADULT AND JUVENILE STAGES OF SHRIMP FARM IN SELANGOR, MALAYSIA.

**Firuzha Begham Mustafa<sup>1</sup> and Nather Khan Ibrahim<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Geography, Faculty of Arts and Social Sciences, University of Malaya, 59100 Kuala Lumpur, Malaysia

<sup>2</sup>Ecotone Environmental Management Sdn. Bhd., Suite 912, Block A, Kelana Centre Point, Kelana Jaya, 47301 Petaling Jaya, Malaysia

Email: [firuzha@um.edu.my](mailto:firuzha@um.edu.my), [ecotonemalaysia@yahoo.com](mailto:ecotonemalaysia@yahoo.com)

The water quality study was carried out as part of an overall environmental impact assessment of shrimp farms in the coastal areas of Bagan Tengkorak in the State of Selangor, Malaysia. The water quality measurement that was carried out includes twenty over physical and chemical parameters including heavy metals. The measurements were carried out at six ponds (B5 to B10) called Group B ponds (B5, B6, B7, B8, B9, B10) at both juvenile and adult stages. The results of water quality study showed that there was no significant variation between ponds for parameters such as temperature and pH. However, a significant variation was noticed between ponds for salinity, dissolved solids, BOD, suspended solids, turbidity, dissolved solids, ammonical nitrogen, calcium and magnesium. The temperature, pH and NO<sub>3</sub> were slightly and consistently lower during the adult stage as compared to juvenile stage. However, salinity, suspended solids, turbidity and BOD were consistently and significantly higher in adult stage as compared with juvenile stage. Overall, there are some differences in water quality between juvenile and adult stages in the lifecycle of Tiger prawn ponds in Bagan Tengkorak area of Malaysia.

**Keywords:** water quality, shrimp farm, aquaculture, heavy metals.

### ÉTUDE HYDRO-CLIMATIQUE DU BASSIN VERSANT DE GUIGOU

**Fniguire F.<sup>1</sup> et Benaabidate L.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géorressources et Environnement, FST – Fès, Maroc

Email: [fniguire.f@gmail.com](mailto:fniguire.f@gmail.com)

Le bassin versant de Guigou ou bassin versant d'oued M'dez, selon la nomenclature de chaque région, d'après la carte de Tazouta de 1/50000, est situé en amont de Pont M'dez. Il couvre une superficie d'environ de 2840 Km<sup>2</sup> (à la suite de la délimitation de ce bassin par le SIG et de faire extraire le pourcentage de l'incertitude en comparaison avec la superficie réelle du bassin versant du Haut Sebou).

Le sous bassin versant de Guigou qui est situé en amont du Haut Sebou, se caractérise par l'augmentation des précipitations hivernales et celles printanières. Spatialement, la hauteur de précipitation s'accroît vers les stations de grande altitude. On note aussi que la moyenne de la lame d'eau tombée durant la période d'étude (1975 – 2000) est légèrement faible de 433.22 mm. Ceci est dû à l'alternance des années sèches et celles humides.

Du point de vue hydrologique, oued Guigou se caractérise par un fort écoulement en printemps. Ce croissence de débit est fort probable due au certain facteur tel que, l'augmentation de précipitation en printemps.

En été le débit est très faible à cause de l'accroissance de la température et par conséquence l'augmentation de l'évapotranspiration qui influe négativement sur le cycle hydrologique du bassin.

La relation débits – pluies a permis de conclure que, du décembre à février les débits augmentent séparément aux pluies (exemple : en allant du décembre au janvier on a une légère diminution des pluies accompagné d'une augmentation des débits et en allant du janvier au février on a une croissence de pluie accompagné d'une diminution du débit), par contre pour les autres mois on a une proportionnalité entre ces deux paramètres.

Le régime est de type mixte dont la courbe hydrométrique présente 3 pics : Le premier s'étale d'octobre à décembre, le deuxième est entre décembre et février et le troisième s'étend du mars à Avril. Cette augmentation du débit au cours de l'année est due au type de précipitation qui a tombée sur le bassin. On trouve que le premier et le troisième pic du débit d'écoulement sont liés aux pluies, par contre l'écoulement de janvier est lié à la fonte des neiges hivernales.

**Mots-clés** : Bassin versant de Guigou, hydrologie, climatologie, régime de débit

### **CONSEQUENCES OF URBAN AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT IN MIDONG/URUMQI, CHINA FOR THE ECOLOGICAL AND HYDROLOGICAL ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT OF A WATER RESOURCES INFORMATION SYSTEM**

**Fricke Katharina<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Geography, Heidelberg University, Germany

Email: [katharina.fricke@geog.uni-heidelberg.de](mailto:katharina.fricke@geog.uni-heidelberg.de)

The agglomeration of Urumqi is located in a narrow semiarid oasis belt between the semi-desert of the Junggar Basin and the glaciated Tianshan Mountains. The agricultural and industrial development depends on the availability of water, which comes from the mountain ranges of the Tianshan serving as a meteorological divide and storage for precipitation in the form of ice or snow. The city nonetheless is growing economically and spatially, and together with the surrounding cities and villages of Changji Prefecture it forms an agglomeration with 3.6 mio. inhabitants. Thus, the constantly increasing urban and industrial areas cause the conversion of the surrounding originally fertile agricultural fields as well as pasture and steppe lands into sealed surface. An example for this development is Midong, a new district Northeast of Urumqi and the largest industrial development zone in Northwest China. Its current area covers 167 km<sup>2</sup>, but it is planned to expand until 2050 over an area of 775 km<sup>2</sup>. On the one hand, the growth of industry and households and the displacement of agriculture into less advantageous regions with an increasing irrigation demand will put more pressure on the water supply due to increasing consumption. On the other hand however, the conversion and sealing of former agricultural, pastoral or barren land will also have implications for the formation and storage of water resources.

The research objective is to determine the consequences of land conversion for the water resources with a descriptive hydrological model and to develop a water information and management system based on Geographic Information Systems (GIS) to support future decisions and planning regarding water resources management and land use management. The methods include a land use and land cover classification of the industrial development district and the larger catchment area from satellite imagery at different dates ranging from 1978 until 2007. The land cover classes were characterized according to their influence on the hydrological system, i.e. their effect on evapotranspiration, run-off, infiltration, interflow and groundwater recharge. This information is combined with existing maps and data on groundwater tables and geologic features in a GIS to develop a descriptive hydrological model

for the different dates and stages of development. Future research will include describing further implications for the water resources and the hydrological system with the descriptive hydrological model and the 2050 development plan for Midong New District.

#### **Reference**

Fricke, K.; Sterr, Th.; Bubenzer, O.; Eitel, B. (2009): *Das Beziehungsgeflecht „Megacity/Hinterland“ am Beispiel der Wasserproblematik der chinesischen Megacity Urumqi (Embeddedness of the semiarid Megacity Urumqi (NW China) in its regional environment with respect to water as a scarce resource)*. In: *Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis*, 18 (1): 62-70.

### **VARIABLE ARSENIC CONCENTRATIONS IN GROUNDWATER EAST AND WEST OF THE RIVER BHAGIRATHI-HOOGLY, WEST BENGAL, INDIA**

**Fryar Alan E.<sup>3</sup>, Mukherjee Abhijit<sup>1,2</sup> and Scanlon Bridget<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bureau of Economic Geology, Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin, 10100 Burnet Rd., Austin, TX 78758 USA

<sup>2</sup>Alberta Geological Survey, Edmonton, Canada

<sup>3</sup>Department of Earth and Environmental Sciences, University of Kentucky, 101 Slone Building, Lexington, KY 40506-0053 USA

Email: [alan.fryar@uky.edu](mailto:alan.fryar@uky.edu); [amukh2@gmail.com](mailto:amukh2@gmail.com)

In south Asia, groundwater beneath the floodplains of rivers draining the Himalayas commonly has arsenic (As) concentrations exceeding the WHO drinking-water standard of 10 µg/L. Most attention has focused on the Bengal basin of India and Bangladesh, formed by the confluence of the Ganges, Brahmaputra, and Meghna rivers, where millions of residents are potentially exposed to elevated As via community wells. Multiple studies have shown that As is heterogeneously distributed in alluvial aquifers and that it is mobilized by dissolution of, and/or desorption from, iron (oxyhydr)oxides under anoxic conditions. Along the western margin of the basin, in West Bengal state, dissolved As concentrations are dramatically different on opposite sides of the main Indian distributary of the Ganges (the River Bhagirathi-Hoogly). However, the causes of this difference have not been thoroughly explored. We hypothesize that the difference in As concentrations reflects differences in source terrains (i.e., the Indian craton west of the Bhagirathi-Hoogly and the Himalayas to the east). In November 2007, we collected 54 groundwater samples and 40 sediment samples from four sites in the Murshidabad district of West Bengal. Two sites are located on each side of the Bhagirathi-Hoogly at distances of ~ 5 and ~ 20 km from the river. Three of the sites are in recent alluvium, while the fourth is at higher altitude in older sediments. At each site, wells were screened at multiple depths (total depth range 8 to 79 m below land surface) and 10 sediment samples were collected at different depths from a single core. Preliminary field and laboratory analyses show that groundwater at all four sites is predominantly a Ca-HCO<sub>3</sub> type with circumneutral pH (6.49 to 7.34), similar to the findings of prior studies in West Bengal. All the west-bank groundwater samples had As < 10 µg/L, with a median of 0.2 µg/L and a range <0.1 - 6 µg/L. In contrast, 22 of 27 east-bank groundwater samples had As concentrations >10 µg/L, with a median of 31 µg/L and a range of 1 - 160 µg/L. Likewise, dissolved As concentrations in tributaries of the Bhagirathi-Hoogly were low at sites west of the river (0.9 and 1.2 µg/L) and high to the east (28 and 31 µg/L). Redox-sensitive parameters, such as Fe(II) and NH<sub>3</sub>, were much higher and Eh was much lower at the eastern sites (median Eh -159 mV, range -204 to -1.9 mV) than at the western sites (median Eh -61 mV, range: -144 to +45 mV). We are preparing to analyze sediment samples for texture, mineralogy, and concentrations of extractable As and Fe and to conduct geochemical modeling. Thereby, we expect to test our hypothesis and infer the mechanism(s) of water-sediment interaction controlling As mobility at the study sites.

## VARIATIONS SPATIALES DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DANS L'AÉRATION PAR DÉSTRATIFICATION ET L'AÉRATION HYPOLIMNETIQUE : CAS DU LAC DE HALLWILL (SUISSE)

**Gafsi Mustapha<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Ammar Telidji, Route de Ghardaia BP 37G, Laghouat 03000, Algérie

Email: [mmsgafsi@yahoo.fr](mailto:mmsgafsi@yahoo.fr)

Les 10,3 km<sup>2</sup> du plan d'eau du lac de Hallwil représentent un pôle touristique important pour le canton de Lucerne (Suisse). En effet la pêche et de nombreux sports nautiques sont pratiqués. Avant sa mise en restauration en hiver de l'année 1985/1986, ce lac présentait une eutrophisation importante perturbant les activités aquatiques, et des nuisances dommageables à ses différents usages, et de ce fait gênait le développement touristique de la région.

L'eutrophisation très marquée de ce lac était avant tout liée à des apports exogènes en composés nutritifs extrêmement importants dominés en grande partie par le phosphore. Ainsi, les longues périodes de stratifications, associées à une quantité importante de matière organique (principalement le phosphore), étaient à l'origine de fréquentes phases anoxiques des couches profondes. Cette anoxie pouvait être constatée à partir de 3 m de profondeur.

Pour cela, et dans le but de remédier à l'eutrophisation du lac de Hallwil, il a été mis en service dans l'hiver 1985/1986, une installation d'un système d'aération alterné en deux modes d'aération à savoir :

Une aération par un système de déstratification en période hivernale ;

Une aération hypolimnétique en période estivale (air/oxygène pure).

A travers l'exposition des différents résultats des paramètres physiques et chimiques (la température, la conductivité, l'oxygène dissous, le pH, le phosphore total et l'azote total) dans les deux modes d'aération, nous avons abouti à une amélioration de la qualité des eaux du lac. Ainsi l'étude des résultats de la campagne de mesures faites à partir de 1985, permet de diagnostiquer l'effet des deux techniques d'aération sur l'amélioration de l'état du lac de Hallwil.

Enfin, l'objectif principal de notre étude est de montrer l'évolution des paramètres physiques et chimiques en fonction de la profondeur du lac, et ce dans les deux modes d'aération.

**Mots-clés :** eutrophisation, aération hypolimnétique, déstratification, oxygène, phosphore, température, technique de restauration, lac

## DAMS AND THEIR EFFECT ON UNDERGROUND WATER STORAGE

**Ganfoud Ahmed A.<sup>1</sup> and Razzaghi Mehemed A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Soil and Water Department, Faculty of Agriculture, Al-Fateh University, Libya.

<sup>2</sup>Head of Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Al-Gabel Al-Gharbi University, Libya.

Email: [ganfouda54@yahoo.com](mailto:ganfouda54@yahoo.com), [m\\_razzaghi@yahoo.co.uk](mailto:m_razzaghi@yahoo.co.uk)

Given the importance of rainwater in arid and semi-arid zones, where lack of a permanent rivers and limited groundwater resources, have necessitated the importance of runoff water management and conservation. Dams are clear example of advanced runoff water management and conservation technologies in the past and present. The major objective of dams include flood protection, irrigation, provision of drinking water for human and animals, groundwater recharge and soil erosion control.

A study was conducted on the impact of the dam of wadi Mejenin on the water balance in the dam area. The dam is located south of the city of Tripoli by a distance of 75 km. Its storage capacity is 58 million m<sup>3</sup>. Climatic and hydrological data for the region were compiled for a period of 25 years (79/80 - 03/04). Through these data the annual average for elements of the budget equation (rainfall, runoff, evaporation and the amount of water drawn from the dam's lake) were calculated. Using these

calculated data in the water balance equation the annual rate of groundwater recharge was identified during the study period. Also, the impact of sedimentation in the presence and absence of the contour ridges in the catchment area on the rate of groundwater recharge was identified. The study showed that the rate of leaching ranged from  $3.7 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year for the 1979/1980 season to  $16.9 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/year for the 2003/2004 season, depending on the amount of precipitation.

**Keywords:** Rainfall, Dams, Groundwater, Libya

## **TOWARDS SUSTAINABLE GROUNDWATER MANAGEMENT IN THE SOUSS CHTOUKA AQUIFER AND IMPLICATIONS FOR DIALOGUE REGARDING NATIONAL GROUNDWATER STRATEGY**

**Garduño Héctor<sup>1</sup>, Foster Stephan<sup>2</sup> and El Haiba Mustapha<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>GW-MATE International Consultant on Water Resources Planning and Institutions, USA

<sup>2</sup>GW-MATE Director and IAH Past President

<sup>3</sup>GW-MATE National Consultant on Water Resources Management

Email: [hector.garduno@live.com.mx](mailto:hector.garduno@live.com.mx), [atalbi@worldbank.org](mailto:atalbi@worldbank.org), [hlmrani@worldbank.org](mailto:hlmrani@worldbank.org),  
[gwmatefoster@aol.com](mailto:gwmatefoster@aol.com), [albert.tuinhof@acaciawater.com](mailto:albert.tuinhof@acaciawater.com)

The World Bank through its Groundwater Management Team (GW-MATE) since 2006 is assisting the Moroccan Government (DRPE - Direction de la Recherche et Planification de l'Eau and the Agence de Bassin Hydraulique Souss Massa) along two parallel tracks: (a) preparing and implementing an action plan towards sustainable groundwater management in the intensely over-exploited Souss Choutka Aquifer and (b) contributing to the design of a national groundwater management strategy. The aquifer comprises a Tertiary (Eocene)–Quaternary sequence (of up to 200m +) of unconsolidated or weakly-cemented sediments, extending across the Sousse River from the Haut Atlas foothills to those of the Anti Atlas. The average rainfall is less than 200 mm/a (with potential evapotranspiration in excess of 2000 mm/a), and there is only limited surface water runoff, mainly from a restricted area of the Haut Atlas mountains upstream. Irrigation is the predominant user of groundwater – the irrigated crops grown are predominantly citrus fruits but with significant areas of export-quality vegetables also. Only a minor proportion of groundwater use is for public water-supply – in part for Greater Agadir and in part for the smaller towns and villages along the Souss valley. This paper addresses the issue of why (following a disturbing trend in the developing world) in spite of the risk of depletion for this aquifer being alerted by Moroccan authorities since 1976 politically feasible negotiated approaches are still being favoured against harsh but indispensable measures if depletion is to be stopped and reversed – and what can be done to reverse this situation. Based on the DRPE 3-phase strategy: 1. Stabilize groundwater deficit to the present status by stopping extension of groundwater irrigated areas, 2. Reduce deficit noticeably by improving groundwater irrigation efficiency and 3. Reduce deficit significantly), a Groundwater Management Plan was proposed. The Plan includes not only investment supply-side and demand management actions but also the institutional measures (mainly regulatory and stakeholder participation) required to make implementation of the GWMAP feasible, taking advantage of the Contrat de Nappe which in the last years has facilitated dialogue between authorities and users. The advocated approach is first proposing a GWMAP with available hydrogeological information and secondly under the current legal and institutional framework, give implementation a chance – and in parallel answer some residual technical questions such as; the current amount of 'new water' recharging the aquifer, defining the physically-sustainable scope for groundwater-irrigated agriculture (even if this is of very high efficiency and productivity), the amount /mechanism of non-beneficial losses of irrigation water, defining the scope for 'real water-saving', an improved estimate of the 'economically-exploitable storage reserve related to current agricultural cultivation practices', the feasibility of groundwater recharge projects,

water transfer from other sources and urban wastewater reuse in agriculture. The identified obstacles to moving forward in the implementation of the GWMAP are related to the ABH's scarce institutional capacity, insufficient financial resources, weak regulatory enforcement and possible unwillingness of users to comply with the Plan. The paper offers some measures to overcome said obstacles and describes how this pilot experience is informing the preparation of the groundwater national strategy.

### **EFFETS DU CADMIUM SUR L'ACTIVITÉ DE L'ACÉTYLCHOLINESTÉRISE ET SUR LES CELLULES CILIÉES DU SYSTÈME DE LA LIGNE LATÉRALE DE *GAMBUSIA AFFINIS* (POISSON TÉLÉOSTÉEN)**

**Gasmi Yousria<sup>1</sup>, Ouali K.<sup>1</sup>, Denizot J. P.<sup>2</sup>, et Bensouilah M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Ecobiologie des Milieux Marins et Littoraux, Faculté des Sciences ; Université Badji Mokhtar d'Annaba BP 12 El Hadjar Annaba 23000 (Algérie) ;

<sup>2</sup>Laboratoire de Neurophysiologie Sensorielle Comparée, Centre d'Etudes de Physiologie Nerveuse, C.N.R.S., Paris, France.

Email: [kouali70@yahoo.fr](mailto:kouali70@yahoo.fr)

Dans cette étude expérimentale nous nous sommes intéressés au cadmium, un métal lourd fréquemment rencontré dans les écosystèmes aquatiques situés dans des zones urbanisées et industrialisées, et considéré également comme agent polluant dont la bioconcentration dans les tissus mous des organismes aquatiques peut avoir des conséquences graves sur l'homme via ces êtres vivants.

Ce travail vise à évaluer l'impact du cadmium, dilué à différentes doses (1 et 5 µg/l) dans l'eau de divers lots de *Gambusia affinis*, par le dosage de certains substrats et enzymes indicateurs de stress oxydatif : le GSH et la GST (au niveau du foie) et notamment l'acétylcholinestérase un bio marqueur de neurotoxicité (au niveau cérébral) et d'autre part par l'exploration de l'ultra structure du système neurosensoriel de la ligne latérale du poisson. Les concentrations létales sont égales à 10-20 µg/l de cadmium. Les résultats des dosages montrent que les teneurs des bio marqueurs varient en fonction de la dose et de la durée d'exposition au cadmium. L'exposition des poissons à des doses de 5 µg/l de cadmium induit une activation du système de détoxification qui se traduit, à partir du 7<sup>ème</sup> jour d'exposition, par la diminution du taux de GSH et l'augmentation de l'activité de la GST. L'activité de la GST hépatique présente une différence significative et très significative chez les poissons exposés pendant 15 jours aux doses respectives de 1 µg/l et 5 µg/l de cadmium. Quant à l'acétylcholinestérase, affiche un taux d'inhibition très significatif chez les poissons exposés à 5 µg/l pendant 15 jours. L'observation des coupes fines des pièces prélevées de la ligne latérale de la tête des Gambusies traitées au cadmium ne montre pas des modifications anatomiques de l'organisation ultra structurale des cellules sensorielles. Ces résultats suggèrent que l'effet neurotoxique du cadmium pourrait être due à son action oxydative générant un phénomène radicalaire (ROS : reactive oxygen species) et altérant de ce fait l'activité des enzymes antioxydantes et notamment celle de l'Ache.

**Mots-clés** : Acétylcholinestérase, GSH, GST, mécanorécepteurs, cadmium, *Gambusia affinis*.

## INVESTIGATING GROUNDWATER RECHARGE AND CLIMATE CHANGE IN NORTHERN SENEGAL USING VADOSE ZONE INFORMATION

**Gaye Cheikh Becay<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Sénégal

Email: [cheikhbecayegaye@yahoo.fr](mailto:cheikhbecayegaye@yahoo.fr)

Interstitial waters from unsaturated zone of coastal Quaternary aquifer in northwest Senegal have been extracted to investigate the groundwater recharge and the recharge history using chemical and isotopic methods. The three profiles are obtained in two sites (L23, NL1 and NL2) at which the mean direct recharge rates of 87 mm.yr<sup>-1</sup>, 28 mm.yr<sup>-1</sup> and 10 mm.yr<sup>-1</sup> were measured using the chloride technique and assuming steady state conditions of chloride transport. The residence time of water in the profiles are 45 years, 141 years and 427 years respectively, and therefore recharge/input conditions up to 400 or more years before present are preserved. The chloride peaks correspond not only to the recent Sahel drought of 1970-1996 but also to periods of dry years in the early 1930s, 1940s, 1900s and back to this century; conversely the wetter periods with high recharge of the 1950s, early 1960s and 1920s are showed by low chloride concentrations in interstitial waters. The calibrated profiles can be matched with rainfall records at Saint-Louis or lake levels records. Changes in climatic events are also indicated by deuterium profile, which reflect the same trends shown by chloride. Zones of enrichment correspond to the chloride peaks showing that each season's characteristic evaporation front is being transmitted through the profile. In contrast, the lowest values of  $\delta^2\text{H}$  up to  $-82\text{‰}$  correlate well with low chloride concentrations and high lake levels, hence periods with higher recharge rates.

## SPRING WATER HYDROCHEMISTRY IN NORTH - SOUTH PROFILE IN THE JORDAN VALLEY

**Ghanem Marwan<sup>1</sup> and Ghannam Subha<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Bir Zeit University, P.O.Box 14, Ramallah, Palestine

Email: [ghanemphg@yahoo.com](mailto:ghanemphg@yahoo.com)

The hydrochemical characteristics of twenty springs, distributed along the north – south cross section of the eastern aquifer basin were determined. The major ions of fifty water spring samples:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{HCO}_3^-$  were analyzed in addition to heavy metals including: Fe, Zn, Li, Cr, Co, Ni, Cu, Cu, Mn, Al, Cd, Ba, Pb and Bi. An increase in the concentration trend of  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , as well as of Fe, Co, Bi, Li was noticed towards the south caused by natural and manmade polluted sources. This put remarks on the surface – ground water interaction sources. The industrial wastewater flow discharge in Faria area increased the concentrations of Co, Bi, Li in the samples taken from the area threatening the quality of groundwater. The majority of the spring water samples fall into the normal earth alkaline water group with prevailing bicarbonate and sulfate or chloride. The southern springs are classified as normal earth alkaline water with prevailing bicarbonate, which are classified as high TDS and Na – Cl water type. The benefit for maximized hygienic water in quantitative and qualitative manners was checked through qualitative water changes.



## EXPERIMENTAL STUDY FOR THE RAINFALL-RUNOFF COMPOSITION AND ITS SUBSURFACE CONTRIBUTION

Gu Wei-Zu<sup>1</sup>, Lu Jia-Ju<sup>1</sup> and McDonnell Jeffrey<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Hydrology and Water Resources, Nanjing Hydraulic Research Institute, CHINA

<sup>2</sup>Institute for Water and Watershed, Oregon State University, USA

Email: [gweizu@163.com](mailto:gweizu@163.com)

Three special designed experimental catchments are constructed aimed at the real composition of surface and subsurface flows during rainfall events. Surface runoff, subsurface interflow from unsaturated zone and groundwater flow from saturated zone are collected from troughs at different depths of catchment stream, they are physically measured. It results of the actual picture of runoff compositions from natural catchments. Water source contribution of surface and subsurface flow are identified by <sup>18</sup>O, tritium and hydrochemistry. Several combined types of runoff components are identified as the SR type with surface runoff dominated, SSR type with subsurface runoff dominated and other intermediate types. It shows that surface runoff contributes up to 65% of total runoff for SR type, while the subsurface runoff up to 90% in SSR type. The total old water involved in event runoff accounts for 16% for the SR type while 64% for SSR type. The results also challenge the assumptions involved in current isotopic hydrograph separation method that the <sup>18</sup>O of surface runoff will not always equal to that of event precipitation and, the evaporation fractionation during the pathway of runoff components could not always be ignored.

## RECHARGE ET DATATION DES EAUX DU SYSTÈME AQUIFÈRE DU SAHARA SEPTENTRIONAL, ALGÉRIE (<sup>14</sup>C, <sup>36</sup>Cl et GAZ NOBLES)

Guendouz A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Blida, Faculté des sciences de l'ingénieur /Dépt.des sciences de l'eau B.P.270, Algérie

Email: [ah\\_guendouz@hotmail.com](mailto:ah_guendouz@hotmail.com), [ah.guendouz@gmail.com](mailto:ah.guendouz@gmail.com)

Le système aquifère du Sahara septentrional désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes : a) la formation du Continental intercalaire, (CI) la plus profonde et, b) celle du Complexe terminal (CT). Il recouvre une étendue de plus d'un million de km<sup>2</sup> entre l'Algérie, la Tunisie et la Libye, et s'étend du Nord au Sud, depuis l'Atlas saharien jusqu'aux affleurements du Tidikelt et du rebord méridional du Tinrhert, et d'Ouest en Est depuis la vallée du Guir-Saoura jusqu'au Graben de Hun en Libye.

Ce système aquifère dispose d'immenses réserves d'eau à composante essentiellement ancienne, ce qui pose dès le départ le problème des périodes de leur recharge, des temps de résidence ainsi que les conditions climatiques qui prévalaient au moment de cette recharge.

Les études hydrogéochimiques, isotopiques et modélisation hydrodynamique réalisés durant ces vingt dernières années à travers tout le bassin ont permis de comprendre et de préciser le fonctionnement de ce système.

La communication présentée relate les principaux résultats obtenus sur le plan isotopique et axée principalement sur la détermination des temps de résidence des eaux ainsi que les périodes de recharge.

Les radiochronomètres (chlore-36, gaz nobles :Hélium-4) utilisés pour les datations des eaux de la nappe du Continental Intercalaire dont les âges ont dépassé la limite théorique de datation par le Carbone-14 (40 ka) indiquent des temps de résidence sur le Grand Erg Oriental (en Algérie et Tunisie) variant de 50 ka BP à plus de 600 ka BP pour le chlore-36 et de 50 ka à 500 ka pr l'hélium-4. A l'échelle de l'Afrique du Nord (Algérie, Tunisie et Libye), des relations à l'échelle régionale ont été faites en intégrant les teneurs isotopiques, les températures de recharge et les datations dans

l'échelle du temps du C-14. Deux groupes d'eaux ont été individualisés : des eaux récentes (0-5 ka BP) plus riches en isotopes lourds que des eaux plus anciennes dont les âges varient entre (15 et 30 ka BP) avec une différence de température de recharge de 4 à 5°C Les teneurs en  $^{18}\text{O}$  diminuent qualitativement en fonction de l'âge des eaux.

**Mots-clés:** Sahara, isotope radioactif, gaz noble, chlore-36, eaux anciennes.

## TRANSPORT SOLIDE ET ENVASMENT DES BARRAGES DANS LA RÉGION DES AURES

**Guidoum Azeddine<sup>1</sup> et Nemouchi Abdelmalek<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département de génie civil, Université Amar Teldji, Laghouat, Algérie

<sup>2</sup>Institut de sciences de la terre, Université de Constantine, Algérie

Email: [guidoum\\_hyd@yahoo.fr](mailto:guidoum_hyd@yahoo.fr) , [a.guidoum@mail.lagh-univ.dz](mailto:a.guidoum@mail.lagh-univ.dz)

Le versant des Aurès offre des conditions très favorables à la mobilisation et au transport des matériaux, car des précipitations agressives s'abattent sur un ensemble morphologique très sensible à l'érosion : Collines argileuses ou marneuses aux pentes assez fortes et très peu protégées par la végétation.

Cette contribution avait pour objectif principal une mise à jour des problèmes de transport solide, notamment le problème de l'envasement des barrages réservoirs, phénomène de première importance au niveau de la région des Aurès qui se distingue par cinq (5) principaux réservoirs : Fom El Gherza, Fontaine des Gazelles, Babar, Koudiet Medaour, et Fom El Gueiss.

**Mots-clés :** Eau, Érosion, transport solide, risque, envasement, Aurès, Algérie.

## BILAN DE L'ENQUÊTE SUR LES RETENUES COLLINAIRES DANS LA WILAYA DE MASCARA (OUEST ALGÉRIEN)

**Habi M.<sup>1</sup> et Morsli B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Université de Tlemcen, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Algérie

<sup>2</sup>INRF de Tlemcen, Algérie

Email: [moha.habi@gmx.de](mailto:moha.habi@gmx.de) , [morbinrf@yahoo.fr](mailto:morbinrf@yahoo.fr)

Etant donnée les conditions topographiques qui ne permettent pas toujours l'implantation de grands barrages, l'Algérie a adopté un vaste programme de retenues collinaires pour la mobilisation des ressources en eau afin de combler le déficit. Cette solution convient d'ailleurs aussi bien aux régions arides ou semi arides caractérisées par des ruissellements à régime torrentiel qu'aux régions humides.

En revanche, il est apparu, dans les premières années de la stratégie un certain nombre de problèmes et surtout d'interrogations en ce qui concerne l'impact réel de ces aménagements auprès de la population rurale, la perception et le degré d'appropriation qu'elle peut en avoir, les usages qu'elle en fait et, finalement, l'incidence positive sur son mode de vie. Une partie de ces difficultés est inhérente à la démarche qui avait abouti au choix d'un site à équiper. Ce choix était surtout guidé par la détection de qualités propres au milieu physique, favorables à la construction d'un petit barrage, avec le consentement tacite des personnes concernées se traduisant par une cession de terres à l'amiable avec, parfois, compensation sous forme de livraison de plants hitiers et possibilité d'accès à l'eau, facteur déterminant de l'intensification agricole.

**Mots-clés :** retenues collinaires, conditions biophysiques, conditions socio-économiques, région aride

## LE PROBLÈME DE L'EAU EN ALGÉRIE : UNE PERCEPTION ENCORE PEU MAÎTRISÉE

Habi M.<sup>1</sup> et Bensalah F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Département d'Hydraulique, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, l'Université de Tlemcen, Algérie

<sup>2</sup>Département de Biologie, Faculté des Sciences, l'Université de Tlemcen, Algérie

Email: [moha.habi@gmx.de](mailto:moha.habi@gmx.de)

La population des villes algériennes a été multipliée par huit depuis le début des années soixante, et les personnes vivant dans les villes et villages, qui ne représentaient que 20% de la population en cette période, sont actuellement plus nombreuses que celles vivant en zones rurales. Ce formidable boom démographique, doublé d'une explosion des villes, avec l'apparition de grands quartiers périphériques, a provoqué un immense problème d'urbanisme, dont celui de la disponibilité de l'eau et de sa qualité n'en constituerait qu'un volet.

C'est dire que la question de l'alimentation en eau potable ne constitue qu'un élément d'une équation qu'il s'agit de résoudre dans sa globalité. Car le retard accumulé sur ce terrain ne peut être rattrapé que par un effort collectif, impliquant le concours de tous, institutions publiques, entreprises, acteurs de l'eau et citoyens.

Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m<sup>3</sup>, elle n'était plus que de 720 m<sup>3</sup> en 1990, 680 m<sup>3</sup> en 1995, 630 m<sup>3</sup> en 1998. Estimée à environ 500 m<sup>3</sup> à l'heure actuelle, elle ne sera que de 430 m<sup>3</sup> en 2020 et serait encore plus réduite ramenée aux ressources en eau mobilisables.

Cette situation est d'autant plus préoccupante qu'elle traduit le résultat d'un intérêt proclamé pour la question dès les premières années de l'indépendance et supposé concrétiser par toute une politique de valorisation des ressources hydriques.

En effet si le volume global régularisé a été multiplié par près de quatre entre les deux dates, la capacité moyenne par barrage a baissé; Plus significatif encore le volume moyen par tête d'habitant a été divisé par trois entre 1962 et 2004.

Cette donnée, à elle seule, exprime l'énorme hiatus qui sépare les résultats obtenus des efforts consentis quand on sait que d'importantes ressources financières ont été consacrées à la construction des barrages, les autres types de ressources étant presque exclus.

Les ouvrages en cours de réalisation ou projetés envisagent de réduire cette faiblesse de mobilisation en augmentant le volume mobilisé et la capacité moyenne de l'ouvrage.

Ces objectifs sont peu réalistes à la lumière des données climatiques et des insuffisances établies en matière de gestion et de maintenance, il ne demeure pas moins que la part des barrages dans la satisfaction de la demande des usagers est en constante régression passant de 70% en 1962 à 21 % en 2004.

Tout ceci démontre que ce qui est réellement en cause dans la «bataille de l'eau» c'est bien moins la capacité de réalisation des ouvrages que la capacité de gérer la ressource hydrique et d'améliorer le rendement de son service par différents moyens allant de la réforme institutionnelle et juridique au perfectionnement des outils et méthodes de gestion en passant par la formation des hommes et l'éducation des usagers.

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer, par des effets peu ou non réversibles, la capacité des générations futures à satisfaire les leurs.

L'Algérie occupe actuellement un rang mondial important parmi les pays touchés par le stress hydrique et s'il n'y aura pas de démarches réelles et plus efficaces, elle souffrira encore plus à l'horizon 2020/2025.

## PRÉSERVATION D'UN ÉCOSYSTÈME FRAGILE (LACUSTRE) AU NIVEAU D'UNE AIRE PROTÉGÉE PARC NATIONAL D'EL KALA. (P.N.E.K), ALGÉRIE

Hacini Nesrine<sup>1</sup> et Brinis Louhichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre Universitaire d'El Tarf, Département de Biologie

<sup>2</sup>Université Badji Mokhtar, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Annaba

Email: [nes\\_023@yahoo.fr](mailto:nes_023@yahoo.fr)

L'écosystème lacustre de l'Oubeira (Nord Est algérien) subit de plus en plus des agressions dont l'homme est souvent à l'origine. Ces agressions sont la résultante de pressions exercées au détriment des ressources phytogénétiques dont la biodiversité commence graduellement à marquer le pas quand elle n'est pas sujette à une érosion.

La présente contribution fait état du potentiel génétique existant au sein de cet écosystème, un sous ensemble du PNEK d'El Kala.

Ce travail a été prolongé cette année par une extension du couvert végétal au niveau d'une zone charnière entre l'écosystème lacustre d'eau douce et l'écosystème d'eau salée (lac Mellah). Les cortèges floristiques ont été inventoriés et les grands regroupements végétaux étudiés sur la base de la richesse biologique qui prévaut ; ceci en vue d'apprécier à titre comparatif la présence et l'abondance des principales essences forestières, arbustives arborescentes ainsi que le tapis végétal (association d'espèces annuelles ou vivaces).

Les résultats montrent que l'état de la diversité biologique n'est pas aussi reluisant que cela et encore moins rassurant, quand bien même nous nous trouvons dans une aire protégée. Les raisons de cette diminution, érosion, voire extinction plus tard de certaines espèces sont essentiellement économiques.

Aussi, en vue de favoriser une remontée biologique, la mise en défens de l'écosystème demeure l'alternative la plus indiquée. Cet objectif ne peut toutefois être atteint qu'en conciliant les intérêts des riverains avec ceux de la nature ; faire de cette dernière une alliée, non un challenger à abattre.

**Mots-clés :** biodiversité, écosystème lacustre, ressources phytogénétiques, érosion génétique, remontée biologique.

## THE ROLE OF CLIMATE CHANGE ON STURGEON IN CASPIAN SEA

Haddadi Moghaddam Kouros<sup>1</sup>

<sup>1</sup>International Sturgeon Research Institute Department of Marine Ecology, Rasht, Iran

Email: [khmoghadam@yahoo.com](mailto:khmoghadam@yahoo.com)

Caspian Sea is one of the best water sources of world since the past sturgeon and other natural stocks of Caspian Sea have been used as important sources of food for the people which live in coastal areas.

Despite the entire positive a negative measures carried out to prevent their extinction, climate change play important role in sturgeon living mechanism. Unfortunately, this trend has changed after the break up of former Soviet Union.

The fisheries in the basin develop under the influences of complicated interactions of natural and anthropogenic factors which necessitate the elaboration of a system of purposeful measures providing conservation and rational exploitation of bioresearches. In its turn, the definition of the most effective measures in possible only if based on an analysis of conditions formed during a period of time, assessment of priorities in change of ecological situation and productivity of the water body.

The problem of the conservation the Caspian Sturgeon and some representatives of this family from other water bodies of concern to the world community. solve this problem the following measures

need to be implemented: Halt poaching in a joint effort of Caspian Sea, Provide a pass of breeders to the spawning ground

**Keywords:** Sturgeon, climatic changes, Caspian Sea

## **ANALYSES HYDROGÉOLOGIQUE POUR L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE SIDI KACEM**

**Haddouchi B.<sup>1</sup>, Jaait M.<sup>2</sup> et Benmoussa A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Mohammedia des Ingénieurs, Université Mohamed V-Agdal, Avenue Ibsina, B.P. 765, Agdal-Rabat, Maroc

<sup>2</sup>Chef de la Division R&D : Office National de l'Eau Potable (O.N.E.P.) IEA

<sup>3</sup>Chef de service ressources en eau Office National de l'Eau Potable (O.N.E.P.)

Email: [jaait.mokhtar@gmail.com](mailto:jaait.mokhtar@gmail.com)

Le complexe aquifère du Gharb est constitué par une nappe supérieure médiocre située dans les dépôts quaternaires argilo-limoneux de surface; et une nappe profonde importante sise dans des formations fluvio-deltaïques et éoliennes du Plio-Quaternaire.

L'objectif de cette recherche est d'étudier les possibilités d'AEP de la ville de Sidi Kacem à partir de la nappe profonde du Gharb pour le moyen et le long terme, afin d'éviter ou de retarder un projet de station de traitement des eaux de surface dont le cout est très important. L'enjeu principal est de réaliser une évaluation, la plus précise possible, de l'évolution quantitative et qualitative des ressources en eaux souterraines en phase d'exploitation.

Le présent article traite de l'étude hydrogéologique de l'aquifère du Gharb en vue de l'alimentation en eau potable de la ville de Sidi Kacem. Cette recherche technique s'articule sur 3 missions :

Synthèse hydrogéologique locale.

Suivi d'un essai de pompage à long terme.

Synthèse générale et diagnostic.

Le fonctionnement hydrogéologique quantitatif et qualitatif du site avec une attention particulière sur l'analyse des transferts verticaux, a permis de montrer qu'il s'agit dans le détail de 4 couches aquifères séparés par des aquirards.

Un essai de pompage sélectif, avec un suivi de la conductivité et de la température, a permis de constater que l'aquifère profond, disposant d'une faible minéralisation, est isolé des autres couches aquifères qui risquent de le minéraliser.

Ceci a permis de planifier des captages sélectifs qui ne captent que la couche profonde ; les résultats étaient positifs et ont évité la planification à moyen terme de la station de traitement des eaux de surface.

## **ÉTUDE COMPARATIVE DE TROIS ENGRAIS DE SYNTHÈSE À BASE DE PHOSPHATE SUR LA GERMINATION DU CARBONATE DE CALCIUM**

**Hadfi A.<sup>1</sup>, El Hadek M.<sup>1</sup> et Driouiche A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Génie des Procédés, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, BP 8106, Agadir, Maroc.

Email: [hadfiabd@yahoo.fr](mailto:hadfiabd@yahoo.fr) , [driouiche@yahoo.fr](mailto:driouiche@yahoo.fr)

Durant la dernière décennie, l'agriculture dans la région agricole d'Agadir utilise majoritairement les eaux souterraines pour ses besoins en irrigation. L'usage intensif de ces ressources provoque un épuisement de la nappe phréatique. De ce fait, les agriculteurs sont appelés à adopter, pour irriguer leurs cultures, des technologies qui permettent d'économiser l'eau, telle que le

goutte à goutte, qui assure un apport d'eau localisé et une bonne fertilisation. Cependant, ce système de ferti-irrigation localisée a généré, quelques années après, des problèmes et difficultés qui ont constitué des contraintes au développement agricole de cette région. Le manque d'uniformité de l'irrigation localisée a été observé et il est dû au colmatage chimique des goutteurs, ce qui engendre la baisse de la production agricole de cette région. L'analyse physico-chimique des eaux de cette région a montré que 90% des ces eaux sont des eaux dures.

Pour lutter contre le colmatage du système d'irrigation localisée, nous nous sommes intéressés dans ce travail à une étude comparative de l'effet des engrais des noms commerciaux : "MAP 11-55-0", "DAP 18-46-0", et le " SSP " sur le pouvoir entartrant d'une eau.

Le "MAP 11-55-0" est un engrais pulvérulent complexe, il contient 11% d'azote sous forme ammoniacale et 55% d'anhydride phosphorique (P2O5). Le "DAP 18-46-0" est un engrais granulé complexe contenant 18% d'azote sous forme ammoniacale et 46% d'anhydride phosphorique (P2O5) et le SSP, un engrais qui contient 18% d'anhydride phosphorique (P2O5), tous ces engrais sont solubles dans l'eau. Ces produits sont utilisés actuellement comme fertilisants au Maroc.

L'étude a été effectuée à la température de 25°C sur l'eau calco-carbonique pure à 40°F. En procédant toujours par teneurs croissantes, la quantité désignée de ces tartrifuges, pour chaque essai, a été introduite avant le déclenchement de la manipulation. Dans tous les cas, la présence de tartrifuge ne modifie pas la valeur du TCa mesurée avant le début de l'expérience. L'effet anti-tartre de ces inhibiteurs est évalué au moyen de la technique LCGE qui est basée sur la formation accélérée d'un dépôt de carbonate de calcium sous l'effet d'un dégazage de l'eau étudiée.

Ces engrais de synthèse permettent la stabilisation d'une eau incrustante, dont les caractéristiques thermodynamiques et cinétiques induisent effectivement la précipitation de carbonate de calcium. Ces engrais chimiques retardent la phase de germination. Ils peuvent même agir dans la phase de croissance en bloquant des sites actifs essentiellement par adsorption sur des germes de carbonate de calcium présents.

Au regard des résultats obtenus, il semble que le groupement P2O5, que contiennent ces trois engrais synthétiques, soit responsable de l'effet tartrifuge observé pour ces derniers. Le tableau ci-dessous permet de mettre en évidence, la concentration efficace en mg/l pour chaque engrais, en fonction de la concentration en P2O5.

Tableau. Concentration efficace de chaque engrais en mg/l, en fonction du pourcentage en P2O5.

Inhibiteurs	"MAP"	"DAP"	"SSP"
Teneur en P2O5	55%	46%	18%
[Inhibiteur]efficace (mg/l)	10	17.5	---

Ces résultats expérimentaux nous ont permis de conclure que l'inhibition totale de l'entartrage a été obtenue pour une concentration de 10 mg/l pour l'engrais "MAP" et de 17,5 mg/l pour l'engrais "DAP". Par contre pour l'inhibiteur de nom commercial engrais "SSP", on n'observe pratiquement plus d'effet sur la germination au-delà d'une concentration de 10 mg/l dans les conditions de l'expérience et cela nous a incité à penser à une efficacité faible.

A partir des résultats obtenus on conclue que l'efficacité de ces inhibiteurs augmente avec la teneur en groupement actif P2O5, ce qui rend ce dernier responsable de la lutte contre l'entartrage.

**Mots-clés:** entartrage, irrigation localisée, carbonate de calcium, pouvoir entartrant, fertilisation

## **SALINITÉ DES EAUX SOUTERRAINES DE LA NAPPE DE LA PLAINE DE BREDEAH (RÉGION D'ORAN, OUEST ALGÉRIEN)**

**Hadji F.<sup>1</sup>, Dahmani B.<sup>1</sup>, Benaabidate L.<sup>2</sup>, Benamer K.<sup>3</sup>, Benkhenassa K.<sup>3</sup> et Chabane M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Spectrochimie et Pharmacologie structurale, Université de Tlemcen, Algérie.

<sup>2</sup>Laboratoire de Géoressources et environnement, FST – Fès, Maroc.

<sup>3</sup>Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université de Tlemcen, Algérie

Email: [fm\\_hachemi@yahoo.fr](mailto:fm_hachemi@yahoo.fr)

La plaine de Brédéah se situe au Sud-Ouest de la ville d'Oran. Elle est délimitée comme au Nord, par la ligne de crête du massif du Murdjadjo, à l'Est, par le plateau d'Oran – Es-Senia, à l'Ouest, par les agglomérations de Bou-Tlélis et au Sud, par la bordure nord de la grande Sebkhah. Elle occupe une partie du versant méridional du massif du Murdjadjo et de la plaine bordière de la grande Sebkhah d'Oran. Cette région est caractérisée par un climat semi aride, une hauteur de précipitations de 333 mm/an et un déficit d'écoulement de 300 mm/an. Les relevés thermiques analysés ont donné une température moyenne annuelle de 21,5°C.

Deux aquifères ont été identifiés dans cette zone : l'aquifère du Miocène et celui du Quaternaire. Ces deux aquifères sont en contact direct en certains endroits du versant Sud du Murdjadjo. L'aquifère miocène se situe dans les formations, à perméabilité élevée, des calcaires du Murdjadjo (calcaires hétérogènes, calcaires récifaux et calcaires à algues) qui reposent sur un fond marneux ou schisteux d'âge mésozoïque. Cet aquifère est libre au Nord et peut devenir captif sous les argiles de la dépression de la Sebkhah. L'aquifère quaternaire, très exploité par puits, s'étend à partir de la grande Sebkhah au Sud du Murdjadjo. Les eaux souterraines s'écoulent du Nord vers le Sud, ce qui indique une alimentation des alluvions quaternaires par les calcaires du Murdjadjo.

Le gradient hydraulique n'est pas constant ; il est plus fort à l'Est (1,5‰) de Brédéah qu'à l'Ouest (0,3‰). Dans la partie centrale, dans la zone de contact entre les calcaires et les alluvions, ce gradient est de 3,4‰. Cette variation pourrait s'expliquer par l'hétérogénéité du terrain (Ybedri, 2005). Les eaux souterraines de la plaine de Brédéah sont très minéralisées. Les teneurs en chlorures sont très élevées et varient dans le même sens que la conductivité. La majorité des points d'eau présentant les plus fortes concentrations en bromures sont localisés en bordure des calcaires du Murdjadjo et au centre de la plaine. Les teneurs en cet élément diminuent suivant le sens d'écoulement des eaux souterraines dans les parties occidentale et orientale de la plaine.

Dans les eaux souterraines de la plaine, les rapports  $Br^-/Cl^-$  varient entre 1,46‰ et 41,57‰, avec une moyenne de 15,32‰. Ce rapport diminue, du Nord vers le Sud, dans la partie nord-est. Cette variation se fait dans le même sens que celle des bromures. La conductivité, la salinité et les concentrations en chlorures varient, en général, dans le même sens en fonction de la profondeur.

**Mots-clés :** Plaine de Brédéah, eaux souterraines, hydrogéologie, salinité.

## **USING HIGH SPATIO-TEMPORAL RESOLUTIONS FORMOSAT-2 SATELLITE IMAGES AND STICS CROP MODEL FOR IRRIGATED GRASSLANDS AND WATER MANAGEMENT IN MEDITERRANEAN REGION**

**Hadria Rachid<sup>1</sup>, Courault Dominique<sup>1</sup>, Chanzy André<sup>1</sup>, Ruget Françoise<sup>1</sup>, Olioso Albert<sup>1</sup>, Desfonds Veronique<sup>1</sup>, Hagolle Olivier<sup>2</sup> and Dedieu Gerard<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>INRA, UMR 1114 EMMAH, Domaine St Paul, 84914, Avignon, France

<sup>2</sup>CESBIO, BPI 811, 18 avenue E. Belin, 31401 Toulouse Cedex 9, France

Email: [rachid.hadria@avignon.inra.fr](mailto:rachid.hadria@avignon.inra.fr)

In the context of global climate change and water scarcity in arid regions, the rationale of this work is to investigate approaches based on crop modelling and remote sensing data at high spatio-temporal resolution to improve crop and water resources management in Mediterranean regions. The specific objective is to use the STICS crop model ([http://www.avignon.inra.fr/agroclim\\_stics](http://www.avignon.inra.fr/agroclim_stics)), ground

measurements, farmers knowledge and FORMOSAT-2 (<http://www.spotimage.fr/web/en/977--formosat-2-images.php>) images to estimated the spatial distribution of yield and water consumption of irrigated grasslands in the Crau plain, located in the South-Eastern France (43°38N, 5°00E).

In 2006, an experimental campaign was carried out by the INRA team of Avignon over this region. Several investigations on agricultural practices were performed on more than 120 fields to better understand how farmers manage their crops. We were particularly interested in irrigation and harvest of irrigated grasslands that are the dominant crop in Crau plain (~67 % of the usable agricultural area) and consume an important amount of irrigation water (20000 to 24000m<sup>3</sup>/ ha/year). In addition, thirty two FORMOSAT-2 high spatial resolution images (8m) were acquired every 3 to 4 days during 8 months from March to October over the studied plain.

We investigated first the feasibility of using FORMOSAT-2 images for crop agricultural practices monitoring at regional scale. Secondly, we tested the capacity of STICS crop model to estimated water budget and production of irrigated grasslands in Crau region. Remote sensing data was used to obtain spatial information related to agricultural practices such as mowing and irrigation dates. This information and ground observations were then used to parameterize and spatialize the STICS crop model. Combining use of STICS and remote sensing data allowed to estimate the spatial variability of evapotranspiration and drainage associated with the aerial biomass productions. Obtained results showed that about 60% of water supplied by irrigation is lost through percolation and recharges the superficial groundwater. Such finding is very important both for farmer and decision makers to better manage irrigated crops and to control water distribution especially in arid and semi-arid regions.

**Keywords:** STICS crop model, remote sensing data, FORMOSAT-2, irrigated meadow, agricultural practices, evapotranspiration, drainage, production.

## LE SYSTÈME AQUIFÈRE DE CHARI BAGUIRMI (RÉPUBLIQUE DU TCHAD). PREMIERS ÉLÉMENTS SUR LA CARACTÉRISATION ET LE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME EN VUE DE SA GESTION DURABLE

Hamit Abderamane<sup>1</sup>, Moumtaz Razack<sup>1</sup> et Sara Vassolo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de Poitiers, Laboratoire d'Hydrogéologie UMR 6532, 40 avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex, France.

<sup>2</sup>BGR, Geozentrum Hannover, Stilleweg 2, 30655 HANNOVER, Germany.

Email: [moumtaz.razack@univ-poitiers.fr](mailto:moumtaz.razack@univ-poitiers.fr)

Le système aquifère de Chari-Baguirmi, situé au centre de la république tchadienne, à l'Est du lac Tchad, constitue la principale ressource en eau de cette région. La nappe est localisée dans les formations argilo-sableuses du Quaternaire ancien. Cette nappe est particulièrement sensible aux variations climatiques et manifeste une baisse piézométrique relativement continue depuis quelques décennies.

La zone d'étude couvre une superficie de l'ordre de 70000 km<sup>2</sup>, entre 14°5 et 17°5 de longitude Est et 10° et 30° de latitude Nord. Elle est limitée à l'Est par le massif du Guéra, au Nord par les dunes du Harr, à l'Ouest par le fleuve Chari, au Sud par les formations du Continental Terminal et au Nord-Ouest par le lac Tchad. Il faut noter qu'aucune étude d'ensemble de ce système n'a été réalisée à ce jour.

L'objectif immédiat de ce travail est de réaliser une synthèse critique de l'ensemble des données disponibles sur ce système (géologie, hydrologie, hydrogéologie, climatologie) et de les compléter par des campagnes de terrain. Le travail vise en définitive l'élaboration d'un outil numérique de gestion et d'aide à la décision permettant de mettre en place une exploitation durable de cet important système aquifère, en conjonction avec les conditions naturelles (sécheresse) et les interventions humaines (pompages, irrigation, recharge artificielle, ...).



Les premiers résultats de ce travail seront présentés :

- Analyse de l'écoulement de la nappe à partir des données acquises en hautes eaux (Nov-Déc. 2008) et en basses eaux (Avril 2009). Mise en évidence de l'existence de "creux piézométriques" au sein de la nappe.
- Analyse de l'hydrochimie de la nappe, en liaison en particulier, avec les singularités piézométriques.
- Approche des mécanismes de recharge de la nappe, à partir des données isotopiques.

## CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA FLUCTUATION DES PRÉCIPITATIONS EN ALGÉRIE OCCIDENTALE ET SON IMPACT SUR L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

Harrache Djamila<sup>1</sup> et Benabdeli Khéloufi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de biotoxicologie. Faculté des sciences. Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbés.  
Algérie.

<sup>2</sup>Laboratoire de recherche des Systèmes Biologiques et Géomatique. Université de Mascara. Algérie.  
Email: [djharrache@yahoo.fr](mailto:djharrache@yahoo.fr) , [kbenabdeli@yahoo.fr](mailto:kbenabdeli@yahoo.fr)

La production végétale est stratégique pour l'économie et l'écologie de tout espace, elle reste subordonnée à la ressource hydrique et surtout aux précipitations.

Pour chaque 100 grammes de matière verte produite, l'eau est présente entre 60 et 95% ; la plante absorbe en moyenne entre 1 et 1,5 litre d'eau pour fabriquer 3 à 4 grammes de matière sèche.

Pour les cultures stratégiques que sont les céréales en Algérie, l'apport d'eau est naturel et se fait exclusivement par les précipitations. Ces dernières connaissent une fluctuation importante et agissent sur le rendement et la prolifération des herbes indésirables.

Analyser la fluctuation des précipitations sur deux périodes : 1913-1938 et 1985-2005 permet de donner quelques indications capitales pour une nouvelle approche en matière d'exploitation des espaces.

Or, ces dernières décennies les précipitations ont connu une tendance à la diminution comme le confirment les données moyennes de quelques stations représentatives des quatre régions géographiques de l'Algérie. Le déficit moyen enregistré annuellement est estimé à :

- 68 mm pour la région ouest
- 38 mm pour la région centre
- 117 mm pour la région est

La tendance vers une diminution des précipitations est nettement perceptible et demande une nouvelle forme de gestion des espaces axée sur un redécoupage du territoire en zone homoécologique avec prépondérance à la tranche pluviométrique.

D'autres orientations seront appliquées comme une diminution des densités de plantation, une recherche de variétés peu consommatrices d'eau et des techniques culturales découlant de l'aridoculture.

**Mots-clés** : précipitations, fluctuation, fréquence, adaptation, Algérie occidentale.

## GESTION DE L'EAU

**Hassane Mohammed<sup>1</sup>, Ayadi Abderrahmane<sup>1</sup> et Benhafid Mohamed Said<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique de Blida, BP 31 Blida 09000, Algérie

Email: [mhassane@ensh.dz](mailto:mhassane@ensh.dz), [ayadiabder@ensh.dz](mailto:ayadiabder@ensh.dz), [mbenhafid@ensh.dz](mailto:mbenhafid@ensh.dz)

L'eau, bien précieux devenu de plus en plus rare en Afrique, est au cœur des défis de l'avenir, tant sur le plan démographique, que sur les plans de la santé public et du développement économique. Elle est plus répartie de manière très inégale dans l'espace et dans le temps.

S'il est vrai que tout le continent est pris au dépourvu par les grandes périodes de sécheresse, il n'en reste pas moins que la gestion des stocks disponibles souffre d'un manque flagrant de savoir-faire ; ce qui entraîne un ensemble de carences (pénurie, gaspillage, pollution des eaux domestiques et agricoles, installations hydrauliques, etc.).

C'est dire qu'aujourd'hui, plus que jamais, on doit tout mettre en œuvre pour améliorer la gestion de l'eau, au sens large du terme, il y va de notre survie, mais aussi de celle des générations à venir car, il faut savoir que l'Afrique figure parmi les pays situés dans la zone rouge au même titre que le monde arabe, où la pénurie sera considérable à l'horizon 2025.

La ressource hydrique est très faible par rapport aux besoins en eau qui sont en constante augmentation, à la fois par l'usage direct des populations et aussi avec le développement économique. Une perspective de croissance démographique et économique exige des besoins suffisants en eau. Or, les quantités d'eau disponibles sont insuffisantes et aggravées par une sécheresse qui a considérablement réduit les réserves des barrages et des nappes souterraines. La pénurie de l'eau est un facteur réducteur de développement économique, un ralentisseur du niveau de vie et pouvant même être une source de conflit.

Autant de réalités qui exigent, avant qu'il ne soit trop tard, une gestion de l'eau intégrant des paramètres difficilement maîtrisables qui sont : scientifiques, démographiques, socio-économiques, législatifs et politiques.

Dans le continent africain, les prélèvements en eau dépassent largement l'ordre de grandeur des ressources disponibles. La situation est aggravée par la surexploitation et la dégradation des ressources. Cela dit, les pénuries d'eau sont appelées à s'éteindre et à s'aggraver dans les prochaines décennies. Elles sont imputables à la sécheresse (20%), à la forte croissance des demandes en eau (10%) et surtout au manque de savoir-faire (70%).

L'eau est donc une affaire urgente de prise en charge compétente.

## ÉTAT DES CONNAISSANCES DES RÉSERVOIRS AQUIFÈRES DANS LA RÉGION DE GOURRAMA (HAUT GUIR AU SUD DU MAROC)

**Hilali M.<sup>1</sup>, Boualoul M.<sup>2</sup> et Bahaj T.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques d'Errachidia, Maroc

<sup>2</sup>Département de Géologie, Faculté des Sciences de Meknès, Maroc

<sup>3</sup>Département de Géologie, Faculté des Sciences de Rabat, Maroc

Email: [hilali2@hotmail.com](mailto:hilali2@hotmail.com)

La région de Gourrama se situe dans le Haut Atlas oriental du Maroc. Les précipitations sont de l'ordre de 230 mm. L'oued Guir est le principal cours d'eau qui traverse la zone d'étude ; les apports d'eau de surface à l'exutoire du Haut bassin du Guir sont évalués à près de 210 Mm<sup>3</sup>.

Les formations géologiques sont constituées essentiellement du Jurassique calcaro-dolomitique et marneux. Les calcaires jouent un rôle régulateur qui se traduit par des débits d'étiage soutenus qui sont dérivés pour l'irrigation. Les sources et les prélèvements d'eau par pompages constituent les

principales sorties de l'aquifère jurassique. Le débit total des sources captant le Jurassique est évalué à près de 790 l/s.

A l'aquifère jurassique, s'ajoute la nappe quaternaire. Cette dernière s'alimente par l'infiltration des eaux pluviales et des crues de l'oued Guir. La profondeur d'accès à l'eau n'excède pas les 15 m et la productivité de la nappe ne dépasse pas généralement les 3 l/s par point d'eau. L'eau est de bonne qualité ; elle est utilisée pour l'alimentation en eau potable des populations rurales et/ou l'irrigation.

**Mots-clés** : Gourrama, haut bassin du Guir, aquifère jurassique, nappe quaternaire, productivité, qualité.

### **MINE DE BOU-AZZER : ÉTUDE D'OPTIMISATION DU CIRCUIT D'EAU D'USINE HYDROMÉTALLURGIE ET ÉVALUATION DES RISQUES DE SES EFFLUENTS SUR L'ENVIRONNEMENT**

**Hssaissoune M.<sup>1</sup>, Hna M.<sup>1</sup>, Bouchaou L.<sup>1</sup> et Bouqdir O.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Géosciences Appliquées et Géoenvironnement, Faculté des Sciences,  
Université Ibn Zohr, B.P : 8106, Cité Dakhla. Agadir, Maroc.

<sup>2</sup>Compagnie de Tifnoute Tighanimine Bou-Azzer, groupe ONA-MANAGEM  
Email: [hsaissoune.med@gmail.com](mailto:hsaissoune.med@gmail.com)

Un suivi journalier des eaux de traitement des hydroxydes de cobalt au niveau de la mine de Bou-Azzer a permis d'évaluer l'appoint d'eau journalier nécessaire pour le bon fonctionnement d'usine Hydrométallurgie, il est de l'ordre de 407m<sup>3</sup>/j pour l'usine hydrométallurgie. Des améliorations et des propositions ont été proposées afin de réduire l'appoint d'eau et l'énergie consommée par les pompes de recyclage.

D'après l'optimisation du circuit actuel des deux usines de la mine de Bou-Azzer on y aboutit à la séparation des effluents des deux usines en question, cette séparation consiste à l'alimentation total d'usine laverie par les eaux industriel des apports de l'Est (les exhaures et le puits Talkart) par un débit moyen de 200m<sup>3</sup>/j. Alors que l'usine hydro absorbe tous ses effluents, recyclés au niveau de la station des effluents qui sont généralement chargé en éléments chimiques corrosifs. Le reste des eaux des exhaures (300 m<sup>3</sup>/j) vont constituer avec les eaux de la station des effluents l'alimentation générale d'usine hydrométallurgie en eau.

Des échantillons des eaux des effluents ont été prélevés le long de l'oued du centre minier de Bou-Azzer en vue d'en évaluer leur impact sur l'environnement.

L'analyse par L'AAS des distributions et des variations spatiale des concentrations de certains éléments chimiques tel que l'As, Co, Mn, Ni, Fe, Zn, Cu et Ag a permis de mettre en évidence que le centre minier a véritablement un impact sur l'environnement, malgré le caractère neutre du drainage minier. Il apparaît que les minéralisations et les résidus miniers stockés peuvent constituer la principale source de pollution des eaux de surface de la région de Bou-Azzer.

## MODÉLISATION ET SIMULATION NUMÉRIQUE DE L'ÉCHANGE RIVIÈRE \_NAPPE DE SEBAOU DE TIZI OUZOU (ALGÉRIE)

**Ikni Tahar<sup>1</sup>, Kadri Mohamed<sup>2</sup> et Benamar Ahmed<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université de M'sila, département d'hydraulique, Algérie

<sup>2</sup>Université de Boumerdès, département génie civil, Algérie

<sup>3</sup>L.O.M.C. FRE CNRS 3102, Université du Havre, France

Email: [ikni\\_tahar@yahoo.fr](mailto:ikni_tahar@yahoo.fr) , [dzkad@yahoo.fr](mailto:dzkad@yahoo.fr) , [benamar@univ-lehavre.fr](mailto:benamar@univ-lehavre.fr)

La vallée du Sébaou connaît un important développement démographique et socioéconomique. Cependant, la demande en eau ne cesse d'augmenter; toutefois, l'irrégularité et la diminution de la pluviosité ont entraîné une nette réduction des apports.

Parallèlement, l'oued Sébaou subit une dégradation significative de la couche sableuse. Cette diminution de la couche va engendrer le changement du régime d'écoulement de la rivière et la dégradation du pouvoir filtrant du sol.

L'étude de faisabilité de la recharge artificielle de la nappe alluviale de l'oued Sebaou s'est basée sur une modélisation mathématique des débits. Le calcul des volumes infiltrés a été fait par le couplage mathématique des équations de saint venant à une dimension et le modèle d'écoulement souterrain à deux dimensions qui nous a permis d'estimer l'apport en eau vers la nappe.

L'objectif de ce travail est :

- De simuler le comportement de la nappe de Sebaou vis à vis des lâchers d'eau du barrage. Deux types de recharges sont appliquées, infiltration par surface de la nappe (rivière-nappe) et infiltration par les puits et les bassins d'injections de surface.

- De proposer un modèle de propagation et d'infiltration des lâchers permettant de prédire le bilan hydrique de la recharge.

**Mots-clés** : Recharge artificielle, Aquifère alluvial, modèle d'écoulement souterrain, vallée de l'oued Sébaou, Milieu poreux

## L'ÉVOLUTION DES NITRATES DANS LES EAUX SOUTERRAINES DE LA PLAINE DES TRIFFA (BASSE MOULOUYA, MAROC ORIENTAL)

**Imassi Said<sup>1</sup> et Snoussi Maria<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Division Provinciale d'Urbanisme et d'Environnement, Khemisset, Maroc

<sup>2</sup>Département des Sciences de la Terre, Facultés des Sciences, Agdal, Rabat, Maroc

Email: [imassi\\_said@hotmail.com](mailto:imassi_said@hotmail.com), [snoussi\\_maria@yahoo.fr](mailto:snoussi_maria@yahoo.fr)

L'analyse des problèmes de pollution des ressources en eau souterraine de la nappe des Triffa fait apparaître que de nombreux puits de la nappe ont des concentrations en nitrates qui dépassent les normes nationales de potabilité fixées à 50 mg/l.

D'autre part, l'évolution prospective de la concentration des nitrates à moyen terme (jusqu'en 2016), a montré que malgré les nombreuses hypothèses simplificatrices adoptées dans cette modélisation, les résultats sont tout à fait cohérents avec l'évolution rétrospective de la teneur moyenne des nitrates de la nappe avec une augmentation moyenne d'environ 3 mg/l par an.

Tout ceci révèle une grande vulnérabilité de l'environnement de la Basse Moulouya et plus particulièrement de la ressource en eau souterraine de la nappe des Triffa.

**Mots-clés** : nappe des Triffa, bilan des nitrates, débit, eau souterraine.

## LE FONCTIONNEMENT HYDROCLIMATIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA MOULOUYA ENTRE 1960 et 2000

**Imassi Said<sup>1</sup> et Snoussi Maria<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Division Provinciale d'Urbanisme et d'Environnement, Khemisset, Maroc

<sup>2</sup>Département des Sciences de la Terre, Facultés des Sciences, Agdal, Rabat, Maroc

Email: [imassi\\_said@hotmail.com](mailto:imassi_said@hotmail.com), [snoussi\\_maria@yahoo.fr](mailto:snoussi_maria@yahoo.fr)

Situé dans une zone semi-aride, et par conséquent sujet à une forte variabilité climatique aussi bien annuelle, qu'interannuelle, le bassin versant de la Moulouya a fait l'objet d'une étude fondée sur l'utilisation des débits liquides journaliers, mensuels et annuels des différents cours d'eau du bassin, afin de déterminer la variabilité hydroclimatique sur l'ensemble du bassin versant.

Sur une période allant de 1960 jusqu'à 2000, on compare le comportement en années déficitaires et excédentaires des stations contrôlant différents sous bassins versants. Les différences du régime hydrologique, entre les sous bassins versant d'oued Moulouya, sont nettement mises en évidence. Les irrégularités ou pulsations climatiques pour la période 1960-2000 décrivent les tendances hydroclimatiques générales de l'ensemble du bassin. Les pulsations climatiques qui ont affecté le bassin de la Moulouya entre 1960 et 2000 ont pu être identifiées à partir des mesures des débits. Ainsi, On note une persistance de l'alternance d'épisodes humides et secs durant la période comprise entre 1960 et 1979, à partir de 1979, le bassin est sous l'effet d'une période sèche.

**Mots-clés** : coefficient hydroclimatique, hydrologie, débit, bassin versant de la Moulouya.

## ÉVALUATION ET DE DÉGAGEMENT DES RESSOURCES EN EAU DANS LA RÉGION DE TANTAN : EAU SAUMÂTRE OU EAU SALÉE

**Jaait M.<sup>1</sup> et Haddouchi B.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Office National de l'Eau Potable (Direction Générale), Avenue Mohamed Belhassan El Ouazzani, BP. Rabat-Chellah 10002, Rabat, Maroc

<sup>2</sup>Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Avenue Ibn sina B.P. 765 Agdal, Rabat, Maroc

Email: [jaait.mokhtar@gmail.com](mailto:jaait.mokhtar@gmail.com)

Les régions du sud connaissent un problème sévère en matière de dégagement des ressources en eau pour un double problème : rareté des ressources en eau et généralement augmentation de la minéralisation de l'eau.

L'ONEP envisage de plus en plus le dégagement d'eaux non conventionnelles telles que l'eau salée et/ou l'eau saumâtre. Les sites potentiels pour le dessalement et/ou la déminéralisation sont situés au niveau des villes de Laayoune (extension des captages actuels), TanTan et Agadir.

L'ONEP a réalisé des forages côtiers qui ont rencontré, au niveau du Crétacé et de la base du Plio-Quaternaire, une eau saumâtre jaillissante. Cette ressource, si sa pérennité est assurée, peut être utilisée, après déminéralisation, comme alternative de dégagement des ressources en eau pour la ville de Tantan.

Cette recherche technique concerne l'évaluation et le dégagement des ressources en eau dans la région de Tantan, y compris les eaux saumâtres et/ou salées. Elle a permis de répondre clairement à trois points :

Identification et classification des ressources en eau à l'échelle régionale, qu'il s'agisse des eaux conventionnelles ou non,

Evaluation des ressources en eau saumâtres et salées dans la région de Tantan,

Délimitation des zones potentiellement exploitables du point de vue quantité et qualité.

La synthèse hydrogéologique a porté sur le bassin crétacé côtier. La superficie totale du bassin retenu s'élève à environ 270 000 km<sup>2</sup>, dont la majorité se trouve sous la mer. La partie continentale s'étend sur 122 000 km<sup>2</sup> au Sud d'Assaka dont 90 000 km<sup>2</sup> au Sud de Draa.

Sur un socle précambrien et primaire se sont déposés :

D'abord le Trias et le Jurassique qui se biseaute vers le N-E ;

Ensuite Le Crétacé avec à sa base le fameux Crétacé inférieur continental, appelé aussi « intercalaire continental » ; ces terrains se biseautent vers l'Est

Enfin le Tertiaire et le Quaternaire en forme tabulaire à inclinaison vers le N-W.

L'étude de la nappe du Crétacé a montré qu'il s'agit d'un aquifère plutôt fossile, dont les très importantes réserves se sont accumulées avant 5000 ans durant une période climatique plus favorable.

Des essais de pompage à long terme, avec suivi de la mesure de la conductivité, a confirmé la solution d'exploitation d'eau saumâtre, moins onéreuse que la solution eau de mer.

## **RAINWATER INFILTRATION IN URBAN AREAS – MEASURES FOR A SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT**

**Jackisch N.<sup>1</sup> and Weiler M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Hydrology, University of Freiburg, Germany

Email: [nicole.jackisch@hydrology.uni-freiburg.de](mailto:nicole.jackisch@hydrology.uni-freiburg.de)

### *1. Problem*

Rainfall in urban and densely populated areas can cause serious problems if the natural ground is sealed extensively. The sealing by buildings and asphalt coated or paved surfaces such as streets, parking lots and yards reduces the ability of the ground to absorb precipitation. The result is enhanced surface runoff that needs to be discharged into a nearby river or the sewage system where it is mixed with waste water from households and industry. In times of heavy rainfall the discharge into natural streams increases the general risk of flooding and the amplitude of the flood wave of rivers. Regarding the urban sewage system, the additional amount of rainwater can quickly cause an overload of canals and waste water treatment plants which forces local authorities to discharge non-treated sewage into natural streams in order to protect the system. The pollution of natural habitats is the consequence. Besides this, water that is lost by surface runoff cannot contribute to recharge the groundwater body nor can it be stored in the soil or by plants.

These side effects of urbanisation disequilibrate the local natural water balance completely. They diminish groundwater recharge, change the microclimate and cause serious problems for urban drainage in terms of water quantity and environmental protection of rivers.

### *2. Case study*

Since 15 years ago, more and more cities and communities in Germany have realised that it is more ecological and also economically advantageous to unseal surfaces and construct measures in order to facilitate the infiltration of rainwater. The operation of urban drainage is carried by the ideal of Best Management Practices for a sustainable management of rainwater. This includes retention reservoirs for rainwater, channel storage and especially decentralised measures and alternative methods such as green roofs or permeable pavement. Amongst other communities, the city of Freiburg (Southern Germany) has decided to implement planning laws that demand private and public construction projects to make rainwater infiltration become an integral part of the drainage plan. Furthermore the splitting of the sewage fee into wastewater, depending on drinking water consumption, and rainwater, depending on surface area of sealed ground, shall raise the attractiveness for private land owners to keep areas unsealed and hence increase the infiltration of rainwater.

Several examples of decentralised rainwater management in the city of Freiburg will be presented. This will include proven techniques such as infiltration troughs and ditches as well as alternative methods for example several types of green roofs and permeable pavement. In addition, the

limitations due to constructional constraints and the hydrological properties and setting of the ground will be discussed.

### 3. Results

Enhanced infiltration of rainwater is a successful tool for a sustainable water management in urban areas because it helps to restore the natural water balance, increases groundwater recharge, improves the microclimate and acts as a measure of flood control. Furthermore the cost reduction for the public sewage system and waste water treatment plants as well as private land owners is an important aspect to increase the area of unsealed surfaces and construct measures to improve the infiltration of rainwater. The actions undertaken by local authorities and private persons in the city of Freiburg have been proven successful. In areas with a good permeability of the ground, almost 100 % of the rainwater can be infiltrated.

## FONCTIONNEMENT ET RESSOURCES HYDRO-ECOLOGIQUES EN REGION SEMI-ARIDE (TENSIFT, MAROC) : LE PROJET SUDMED

**Chebouni A.<sup>1</sup>, Escadafal R.<sup>1</sup>, Duchemin B.<sup>1</sup>, Boulet G.<sup>1</sup>, Le Page M.<sup>1</sup>, Jarlan L.<sup>1</sup>,  
Simonneaux V.<sup>1</sup>, Mougnot B.<sup>1</sup>, Mangiarotti S.<sup>1</sup>, Drapeau L.<sup>1</sup>, Khabba S.<sup>2</sup>, Hanich L.<sup>2</sup>,  
Chehbouni A. H.<sup>2</sup>, Ezzahar J.<sup>2</sup>, Er-Raki S.<sup>2</sup>, Hadria R.<sup>2</sup>, Kharrou H.<sup>3</sup>, Merlin O.<sup>1</sup>, Chaponnière A.<sup>1</sup>,  
Hoedjes J.<sup>1</sup>, Abourida A.<sup>2</sup>, Cheggour A.<sup>2</sup>, Raibi F.<sup>2</sup>, Boudhar A.<sup>2</sup>, Benhadj I.<sup>1</sup>, Berjamy B.<sup>4</sup>,  
Benkaddour A.<sup>2</sup>, Guemouria N.<sup>2</sup>, Lahrouni A.<sup>2</sup>, Mokssit<sup>5</sup> A., Ouldbba<sup>5</sup> A., Driouech<sup>5</sup> F., Filali<sup>5</sup> N.,  
Oliosio A.<sup>6</sup>, Jacob F.<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>UMR CESBIO (CNES-CNRS-UPS-IRD), 31401 Toulouse cedex 9, France

<sup>2</sup>Université Cadi Ayyad, BP 2390 Marrakech 40000, Morocco

<sup>3</sup>ORMVAH, BP 2411, Marrakech, Morocco

<sup>4</sup>Agence du Bassin Hydraulique du Tensift ABHT Av. Jnane El Harti Bp : 2388 - Marrakech – Morocco

<sup>5</sup>Direction de la Météorologie Nationale, Face Préfecture Hay Hassani Casablanca Morocco

<sup>6</sup>UMR CSE (INRA-UAPV), Domaine Saint Paul, 84914 Avignon cedex 9, France

<sup>7</sup>UMR LISAH (INRA-IRD-SupAgro), 2 Place Pierre Viala 34060 Montpellier cedex 1, France

La Méditerranée du Sud et le Maroc en particulier doit conjointement faire face à une augmentation de sa population et à un réchauffement déjà sensible appelé à s'accroître selon les scénarii du GIEC. L'intensification résultante des pratiques agricoles couplées à l'augmentation des périodes de sécheresses exercent une pression forte sur des ressources en eau déjà limitées. Il existe donc un réel besoin pour des outils de diagnostic de cette ressource et de prévision de son évolution sous l'effet des forçages anthropique et climatique dans l'objectif de proposer des mesures d'adaptation. Le bassin du Tensift au Maroc présente les caractéristiques typiques de nombreux bassins versants méditerranéens où le réservoir constitué par la couverture neigeuse en montagne est exploité en plaine par l'agriculture irriguée. Cette région est le site d'étude du programme SUDMED (IRD-ABH-DMN-FSS-ORMVAH-UCA) depuis 2001.

Ce programme a pour double objectif de proposer des outils (1) destinés aux gestionnaires locaux de la ressource en eau, en particulier concernant l'eau d'irrigation, et (2) des plateformes numériques destinées aux décideurs afin de prévoir l'évolution de cette ressource dans un contexte climatique en évolution et proposer des mesures d'adaptation. Nous nous appuyons sur une utilisation conjointe de la modélisation, de l'observation satellitale et de l'observation de terrain. L'utilisation de l'observation satellite est, en particulier, une nécessité pour pallier la relative éparsité du réseau de mesures météorologiques et hydrologiques. Dans ce cadre, le bassin du Tensift a fait l'objet de nombreuses campagnes de mesures visant à quantifier les différentes composantes du cycle de l'eau, notamment, l'équivalent en eau du couvert neigeux et l'évapotranspiration de la plaine agricole. Ces campagnes de mesures visant à documenter les principaux processus d'échanges de l'eau à l'interface entre le sol, la végétation et l'atmosphère et entre la surface et la nappe ont servi à évaluer et calibrer

différentes approches de modélisation. Plusieurs modèles spécifiques ont été testés. En montagne, la validation autant que la finalité des modèles reposent sur une bonne reproduction des variables intégratrices du fonctionnement du bassin que sont le niveau des nappes et les débits à l'exutoire. Sur le fonctionnement hydrique des cultures irriguées de la plaine, 4 grandes familles de modèles niveaux de complexité contrastés sont utilisés : les modèles de bilan d'énergie simplifié, les modèles simulant les échanges verticaux entre le sol, la végétation et l'atmosphère, les modèles de cultures et les modèles pré-opérationnels d'utilisation de l'eau par les cultures irrigués basés sur la méthode de la FAO. La variable cible sur laquelle est mis l'accent est l'évapotranspiration car il s'agit de la principale utilisation de l'eau à l'échelle du bassin du Tensift.

L'objectif de cette présentation est de proposer un panorama synthétique des activités menées dans le cadre du projet SUDMED. Après une présentation succincte du programme, nous proposons de montrer quelques résultats de modélisation des différents termes du bilan hydrique sur le bassin versant du Tensift, présenter l'outil de gestion de l'eau d'irrigation SAMIR (SATellite Monitoring of IRrigation) ainsi qu'une analyse diagnostique de la couverture végétale sur le Maroc durant les 25 dernières années. Enfin, les perspectives ouvertes par ces travaux pour l'analyse de l'impact du changement climatique, en particulier sur l'eau d'irrigation, seront discutées.

### **WATER POLICY AND WATER LAW FORMULATION PROCESS: NO SPACE FOR COMMONS THE CASE OF SOUTH INDIAN STATES**

**Jos C Raphael<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Consultant to IWMI-TATA Water Policy Programme, ICRISAT Campus, Hyderabad, India

Email: [joscraphael@asianetindia.com](mailto:joscraphael@asianetindia.com)

The present attempt is to propose local people's involvement in Water Policy and Water Law formulation process in the Indian sub continent on the growing realisation that policies and laws so far the state governments either visualised or implemented seems remain paper tigers. The policies and institutions in the water sector are seen responding indifferent to ensure sustainable water use in many Indian states. Often institutions backed up with law and regulations follow a fragmented, sectoral and supply side approach. They seem centralised in nature, top-down in approaches and vague in planning water development, water allocation and management either at higher echelons or at grassroots level. Such vacuums in water institutions and lack of coordination in water administration calls for people's water policies and water laws which has not been tried out countrywide in India. In this backdrop the present paper attempts to analyse the existing water policies, water laws, institutions and administration from three south Indian states viz., Kerala, Karnataka and Tamil Nadu and suggests recommendations for policy adoption of state and national level governmental planning agencies.

Analysis shows that Water laws mainly are centred on participatory irrigation management and water user associations. Ground water laws are the lowest emphasis given by the state governments where majority of the Indian population depends upon it especially for domestic uses. It indicates that the entire process of evolving water policy and laws is devoid of its stakeholders' participation particularly from the grassroots level. Institutional framework to facilitate local people's participation like rural local governments (Gram Sabha and Panchayati Raj Institutions) are grossly underutilised for this purpose. On this background it examines the recent attempt of Kerala Government in facilitating stakeholders' participation in law formulation in water related Act, called The Kerala Conservation of Paddy Fields and Wetlands Act2008.



## RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE CÔTIÈRE DE ZONE HUMIDE : MODÉLISATION NUMÉRIQUE ET OPTIMISATION DE LA GESTION (NAPPE AQUIFÈRE DE BOUTELDJA- EXTRÊME NORD EST ALGÉRIEN)

Kablouti Nafaa<sup>1</sup> et Dhikrane Nafaa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de géologie, Faculté des sciences de la terre, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie  
Email: [k\\_nafaa@yahoo.fr](mailto:k_nafaa@yahoo.fr)

La nappe aquifère libre du massif dunaire de Bouteldja appartient à l'hydro système de la Mafragh. Son mode de gisement, ses conditions aux limites posent une problématique de sa gestion, particulièrement en période de sécheresse. La modélisation numérique par une application du logiciel MODFLOW -Waterloo -Canada a permis, après simulation des scénarios de recharge naturelle de la nappe en années moyenne et sèches de retour 5, 10 et 20ans, d'établir les bilans hydriques respectifs de 21, 16 et 8 hm<sup>3</sup>. Ces valeurs situent les niveaux d'exploitation de la nappe qu'il faudra impérativement respecter pour le maintien de l'équilibre hydrodynamique et des éco systèmes des zones humides de Numidie orientale associés à cette nappe.

Quelle stratégie de gestion de cette nappe aquifère pour un développement durable ? Dans l'hypothèse de sécheresse bi décennale, réserve exploitable 8hm<sup>3</sup>/an, niveaux piézométriques optimaux correspondant aux HMT maximales et consommation d'énergie électrique minimale, les résultats montrent que pourrait réaliser des gains de 44% de consommation électrique soit 0.80 DA/m<sup>3</sup> par rapport à la référence actuelle 1.83 DA/m<sup>3</sup>.

**Mots-clés :** Hydro système, zones humides, nappe aquifère, ressources en eau, sécheresse, modélisation, simulation, optimisation de la gestion.

## HYDROGEOCHEMICAL AND ISOTOPIC CHARACTERISATION AND GROUNDWATER RESOURCES QUALITY IN THE NORTH-CENTRAL COASTAL AQUIFER OF CRETE, GREECE

Kalisperi D.<sup>1</sup>, Parisi S.<sup>2</sup>, Sdao F.<sup>3</sup>, Kershaw S.<sup>1</sup>, Lydakis-Simantiris N.<sup>4</sup>, Collins P.<sup>5</sup>, Soupios P.<sup>4</sup> and Paternoster M.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Institute for the Environment, Brunel University, UK

<sup>2</sup>Department of Geological Science, University of Basilicata, Italy

<sup>3</sup>Department of Structure, Geotechnics, Engineering Geology, University of Basilicata, Italy

<sup>4</sup>Technological Educational Institute of Crete, Greece

<sup>5</sup>School of Engineering & Design, Brunel University, UK

<sup>6</sup>Department of Chemistry, University of Basilicata, Italy

Email: [sp1908dott@unibas.it](mailto:sp1908dott@unibas.it)

In the poorly-understood Geropotamos catchment, located on the north-central part of Crete, Greece, two main factors affecting water resources were believed to be prevalent: salt water from the sea intruding into the aquifer and/or Miocene evaporates leading to groundwater salinization (Sdao et al., 2009). The Geropotamos basin, located in an important touristic and agricultural area, is mainly composed by fractured and karstic carbonate rocks of Tripolis and Ionian tectonic nappes. In order to identify the origin of the high salinity groundwater, a hydrochemical and isotopic study was performed including 4 samplings. Water samples from 22 wells and 2 springs were analysed, for physical parameters determination (Temperature, pH, EC, total hardness, Salinity), major and minor analysis (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> Alkalinity Fe, B), as well as stable isotopes concentrations ( $\delta^{18}\text{O}$   $\delta\text{D}$ ). The hydrogeochemical results showed different levels of mixing between a shallow end-member with bicarbonate-alkaline composition due to the leaching of carbonates rocks, and deeper fluids rich in Na and Cl. From the present survey, detailed hydrogeochemical investigation, regarding the groundwater quality, allowed to decrease the uncertainty of which is the mainly pollutant of the

groundwater flowing in the northern part of Geropotamos basin, and complements the scenario which regards as seawater intrusion, as the only source of groundwater contamination, supporting the hypothesis, previously suggested by Sdao et al., (2009). Moreover, the results of  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  analyses support the same scenario and make seawater intrusion the most probable cause for the high salinity water. It is indicated that saline intrusion is likely to occur along fractures in a fault zone through otherwise low-permeability phyllite-quartzite bedrock, and it is emphasized the critical role of fracture pathways in salinization problems of the coastal aquifers.

**Keywords:** Geropotamos basin; seawater intrusion; salinization; coastal aquifer; hydrogeochemistry; isotopic analysis.

**Acknowledgements:** DK expresses gratitude at the Greek State Scholarship Foundation (IKY) for the financial support.

#### Reference

Sdao F., Parisi S., Kalisperi D., Pascale S., Simantiris N. L., Kershaw S., Mongelli G., Soupios P., Paternoster M. (2009) - Groundwater high salinity in Geropotamos basin (Crete, Greece): sea water intrusion or Miocene Evaporites water interaction processes?. Supplement to *Geochimica et Cosmochimica Acta*. Volume 73, Number 13 S, June, 2009.

## ÉTUDE DE LA FAISABILITÉ DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE DE LA NAPPE DE TEMARA

Kamil H.<sup>1</sup> et Benaabidate L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Géoressources et Environnement, FST, Fès, Maroc.

Email: [kamil.hassan@hotmail.com](mailto:kamil.hassan@hotmail.com)

L'aquifère de Témara est située juste au Sud de Rabat et s'étend sur une superficie de 350 Km<sup>2</sup> et fait partie de la meseta côtière. C'est une unité bien individualisée qui se présente sous forme d'un système bi-couches ; le premier développé dans les sables consolidés, les grès, les calcarénites et les alluvions du Pliocène reposant sur les marnes grises du Pliocène inférieur, le deuxième d'un rôle secondaire est renfermé dans la frange altérée des schistes primaires.

La nappe de Témara a joué un rôle déterminant dans le développement de la région en offrant un potentiel en eau mobilisable d'environ 16 Mm<sup>3</sup>/an. Cependant, et sous l'effet de l'exploitation anarchique de cette nappe, ainsi que la tendance croissante de la région à l'urbanisation, et la succession des années de sécheresse, le bilan de la nappe évalué dans cette étude dégage l'amorce d'un déficit de l'ordre de 2 Mm<sup>3</sup>/an, ce manque a eu pour impact une baisse continue du niveau statique, estimée à 1 m tous les 4 ans, ainsi que la réduction des aires productives de la nappe, et par suite une certaine salinisation de la bande côtière et la zone sud-ouest due à la remontée du biseau salé.

Les entrées représentées par l'infiltration directe des eaux météoriques, apporte à la nappe un faible volume d'eau (14 Mm<sup>3</sup>/an), alors que les prélèvements au droit de la plaine de Témara sont de l'ordre de 16 Mm<sup>3</sup>/an. Ce déséquilibre au niveau du bilan de la nappe entraîne une baisse continue du niveau statique, d'où la nécessité de penser à l'alimentation artificielle de la nappe par les eaux usées. Pour pouvoir apprécier la faisabilité technique de la recharge artificielle à partir des eaux usées traitées des villes de Rabat, Salé et Témara, il est important d'une part de sélectionner les secteurs les plus favorables à la recharge sur le plan géologique et hydrodynamique, et d'autre part de mettre au point les dispositifs les mieux adaptés pour réaliser un apport artificiel au droit de ces secteurs. Le choix d'un site favorable à cette alimentation par l'infiltration d'un apport extérieur d'eau a été basé sur :

- L'analyse du contexte géologique, hydroclimatique, et hydrodynamique de la zone d'étude ;
- La compilation et la structuration des données de sondages, en vue de leur intégration dans un système d'information géographique ;

- L'élaboration des couches d'information indispensable pour cette étude ;
- La juxtaposition des cartes ainsi élaborées pour la détermination des zones propices à la recharge, présentant des bonnes perméabilités et d'importantes épaisseurs de la zone non saturée.

**Mots-clés** : aquifère de Témara, exploitation, bilan, recharge artificielle.

## **TRAITEMENT DES EFFLUENTS INDUSTRIELS PAR L'APPLICATION DES SUPPORTS CELLULOSIQUES NATURELS MODIFIÉS CHIMIQUEMENT**

**Kassale A.<sup>1</sup>, Elbariji S.<sup>1</sup>, Elamine M.<sup>1</sup> et Albourine A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Équipe de chimie de coordination, Laboratoire des Matériaux et l'Environnement, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, B.P : 8106, Cité Dakhla. Agadir, Maroc.

Email: [abdelbaki3@hotmail.com](mailto:abdelbaki3@hotmail.com)

Les rejets de l'industrie textile constituent d'énormes nuisances pour la santé humaine. En particulier, les différents colorants utilisés causent de sérieux problèmes en raison de leur stabilité et de leur faible biodégradabilité.

Les procédés de purification et décoloration des eaux industrielles (et particulièrement des effluents de l'industrie textile) peuvent rencontrer des difficultés majeures. Pour remédier à ces dernières nous avons préparé un matériau cellulosique susceptible d'arrêter la quasi totalité des colorants contenus dans les eaux de rejet de l'industrie.

Le but du présent travail est l'étude de la possibilité du remplacement des adsorbants actuellement utilisés lors des traitements des ces effluents, par des matériaux cellulosiques, ces derniers seront modifiés par le greffage de fonctions carboxyliques sur leurs surfaces en faisant intervenir les anhydrides d'acides cycliques et l'acide acrylique. En effet, ces fonctions donnent à la fois aux supports des propriétés d'échangeur d'ions et modifient fortement leurs affinités tinctoriales.

L'étude de greffage du coton avec les fonctions carboxyliques par l'anhydride succinique et l'acide acrylique est réalisé avec succès, plusieurs paramètres ont été optimisés (le temps, la température, catalyseur...). Les gains de masse de greffage atteint des valeurs supérieures à 100% pour l'anhydride succinique et supérieur à 20% pour l'acide acrylique. L'estimation de la quantité des fonctions acide montre que les supports préparés ont un important nombre de sites acides libres, d'où l'intérêt des supports préparés dans la fixation des colorants.

Enfin, les supports préparés sont utilisés pour l'extraction des colorants industriels en système discontinu, l'étude est réalisée sur deux types de colorants le Bleu de Méthylène (B.M) et le Rouge Congo (R.C). Les résultats obtenus montrent que les colorants sont extraits rapidement à pH basique. Le rapport (masse du support /volume de la solution de colorant) minimal correspondant au taux d'extraction maximal est de 3,5 g/l et 10 g/l respectivement pour le B.M et R.C. Différentes études concernant les isothermes d'adsorption permettent d'expliquer les mécanismes des interactions. La régénération des adsorbants est également prise en compte.

## EFFECTS OF ARTIFICIAL RECHARGE VIA INJECTION WELLS ON GROUNDWATER QUALITY IN THE SHALLOW ALLUVIAL AQUIFER, CENTRAL DAMASCUS BASIN

**Kattan Z.<sup>1</sup>, Kadkoy N.<sup>1</sup>, Nasser S.<sup>1</sup>, Safadi M.<sup>2</sup> and Hamed A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Geology, Atomic Energy Commission of Syria (AECS), Damascus, P. O. Box 6091,  
Syrian Arab Republic.

<sup>2</sup>Damascus City Water Supply and Sewerage Authority (DAWSSA), Damascus, P.O. Box 10718,  
Syrian Arab Republic.

Email: [zkattan@aec.org.sy](mailto:zkattan@aec.org.sy)

The major hydrochemical parameters, together with the concentrations of environmental isotopes and chlorofluorocarbons, have been periodically measured to study the effects of artificial recharge via injection wells on the groundwater quality in the shallow Quaternary alluvial aquifer in central Damascus basin, mainly consists of cemented conglomerates with sand and clay.

The injectant water in the alluvial aquifer was generally taken from the surplus flow of the famous Figh spring during flood periods (March-May), characterized by fresh water (TDS<250 mg/L) of a calcium and bicarbonate type. Because of the low content of suspended matter and organic compounds in the Figh spring, the water was directly diverted to the injection well, drilled at the Damascus University Campus (DUC) site, and injected without any treatment.

Artificial aquifer recharge at the DUC site began in Mars 2006, with an annual water injection volume rounded 61250 m<sup>3</sup>. Through the investigation period (2006-2008), the total volume of artificially recharged water at this site amounts 0.241557 million m<sup>3</sup>. This volume represents only less than 2% of the total pumped water (12.333 million m<sup>3</sup>) from this site for the purpose of enhancing water supply in the Damascus City. Monitoring of the groundwater quality at the DUC site during all aspects of artificial recharge process has been resulted in collection of more than 145 water samples, systematically taken from the injectant water and the ambient groundwater of three observation wells drilled in the vicinity of the single injection well.

Water samples were analyzed for the determination of major hydrochemical parameters (pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), dissolved oxygen (DO<sub>2</sub>), Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) and environmental isotopes (<sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H and <sup>3</sup>H). Few additional water samples (≈20 samples) were also collected from the DUC site during the last injection event of 2008 for the determination of chlorofluorocarbons (CFC-11, CFC-12 and CFC-13) concentrations, as dating tracers of the ambient groundwater.

Monitoring of the groundwater quality at the DUC site prior to recharge events indicated that nitrate, sulphate and TDS were chemicals of concern relating to artificial recharge activities. The concentrations of these chemicals in the ambient groundwater exceed the established standards for drinking water. Nitrate concentrations, as anthropogenic chemical species, were relatively high (40<NO<sub>3</sub><sup>-</sup><57 mg/L) at the DUC site. After artificial recharge began nitrate concentrations in the ambient groundwater substantially decreased to values ranging between 20 and 30 mg/L, and remained higher than 40 mg/L in groundwater from the other shallow monitoring wells. Noting here that the concentrations of nitrate in the injectant water were low (4<NO<sub>3</sub><sup>-</sup><7 mg/L) during all artificial recharge events.

Sulphate concentrations, as a natural occurring substance in drinking water, were also high in the ambient groundwater at the DUC site (180<SO<sub>4</sub><sup>2-</sup><270 mg/L), and rather exceeding the maximum contaminant level (250 mg/L) established for standard drinking water (USEPA, 2001). After artificial recharge began sulphate concentrations decreased in ambient groundwater to a level of about 100 mg/L. Similarly, the relatively high TDS concentrations (940<TDS<1155 mg/L) of ambient groundwater dropped down to values closer to the maximum permitted level (500 mg/L) given for drinking water.

Because of the significant large difference of stable isotopes, mostly in <sup>18</sup>O concentration between the injectant water (-8.9<δ<sup>18</sup>O<-8.6 ‰) and ambient groundwater (-8.3<δ<sup>18</sup>O<-7.9 ‰) at the DUC site, the

application of these isotopes revealed that both natural tracers are sensitive markers that respond quickly on any hydraulic connection between the injectant water and ambient groundwater, and therefore they both can give accurate estimates of the proportions of injectant water reaching the observation wells.

The overall effects of artificial recharge on groundwater quality in the Quaternary alluvial aquifer at the DUC site can substantially established by studying the relationships being exist between the concentrations of the different parameters and the total injected volume of water at each event. Such correlations suggest that geochemical reactions or dilution are occurring in the ambient groundwater at this site. Accordingly, slight increases were only observed for the pH values and total dissolved oxygen concentrations in ambient groundwater with the increasing rates of injected water volume. However, with the exception of bicarbonate, which shows the worse correlation coefficient ( $R^2 = -0.005$ ), when correlating its concentrations with the amounts of injected water volume, the remaining major chemicals showed remarkably good negative correlations because of the artificial mixing with very fresh water.

The best correlation coefficient was found for chloride ion ( $R^2 = -0.995$ ), reflecting hence its uniqueness chemical behavior as an ideal conservative mobile ion. A similar good correlation was also found for  $^{18}\text{O}$  ( $R^2 = -0.992$ ). The values of correlation coefficients for all parameters decrease in the following sequence:

$\text{Cl} > ^{18}\text{O} > \text{EC} > \text{Mg} > \text{Ca} > ^2\text{H} > \text{K} > \text{NO}_3 > \text{DO}_2 > \text{pH} > \text{TDS} > \text{Na} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3$ .

The low correlation coefficient observed for sodium ( $R^2 = -0.276$ ), reflects most probably the effect of ionic exchange with bivalent ions, such as calcium and magnesium.

The temporal evolution patterns of tritium concentrations in the injectant water and ambient groundwater showed slight declines in tritium content. The difficulty in using tritium as a natural radioactive tracer in assessing the mixing process affecting the groundwater quality at the DUC site is primarily due to the rather small differences in tritium content between the injected water ( $\approx 3.9 \pm 0.4$  TU) and ambient groundwater of the observation wells (3.7-4.4 TU), as this difference is in the same order of tritium detection limit ( $\approx 0.5$  TU).

The temporal variations of the average CFC-12, CFC-11 and CFC-113 concentrations were without significant changes. Also, significant small differences in the CFC's concentrations were observed between the injectant water and ambient groundwater at the DUC site, revealing that the use of these chemicals will not help much to extract new information on the mixing process affecting the groundwater quality, or to be used as a dating tool of groundwater ages.

In parallel to the main purpose of artificial recharge technology in raising the groundwater level and increasing the potential water reserve underground for later uses during dry periods, the findings of aforesaid artificial aquifer recharge application in Damascus basin showed that recharging with water of low concentrations, such as that of the Figeih spring, containing low nitrate, sulphate and TDS concentrations would lead to improve the groundwater quality of the aquifer. Continued monitoring of such chemicals of concern will help improving the water quality in this aquifer.

Although the climatic conditions prevailing in the region during the study period were dry and didn't much help to inject further amounts of water at the DUC site, the obtained results on the subsurface hydrological processes were promising and encouraging to continue the artificial recharge scheme via injection wells, as an alternative method for a better management of water resources in such a basin facing multiple problems.

## CARACTÉRISATION HYDROGÉOCHIMIQUE ET STATISTIQUE DES EAUX DU SYSTÈME AQUIFÈRE D'EL KHAIRAT (ENFIDHA, TUNISIE)

**Ketata Mouna<sup>1</sup>, Gueddari Moncef<sup>1</sup> and Bouhlila Rachida<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences de Tunis, UR Géochimie et Géologie de l'Environnement, Campus  
Universitaire, 1060 Tunis, Tunisie.

<sup>2</sup>Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Campus Universitaire, 1060 Tunis.

Email: [mounaketata@gmail.com](mailto:mounaketata@gmail.com)

En zone semi-aride du centre tunisien, le système aquifère d'El Khairat est fortement sollicité pour l'irrigation (nappe phréatique) ainsi que pour l'alimentation en eau potable (nappe profonde) et l'activité industrielle. Ce réservoir aquifère d'importance régionale subit une pression anthropique accrue par une surexploitation des ressources (baisse du niveau piézométrique) et par la construction d'un barrage en son amont le privant de sa principale source d'alimentation : les crues de l'oued El Khairat.

Ce système aquifère, dans la région d'Enfidha, comporte une nappe phréatique logée dans des formations sablo-argileuses et une nappe profonde logée dans les marnes du Vindobonien. Ces deux nappes sont interconnectées. Latéralement, ce système est subdivisé, par un seuil hydraulique (Seuil d'Ain Garci), en deux zones distinctes : Ain Garci située, en amont et Enfidhavielle, à l'aval.

Cette étude consiste à identifier les phénomènes et les processus qui gouvernent l'hydrochimie des eaux du système aquifère d'El Khairat.

Afin d'atteindre cet objectif, des échantillons d'eau ont été prélevés en mai 2007 dans 18 puits pour la nappe phréatique et dans 18 forages pour la nappe profonde.

Ils ont fait l'objet de mesures, in situ, de la température, de la salinité, de la conductivité électrique, du pH et de l'oxygène dissous. Les analyses chimiques du Na, Ca, Mg, K, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub> et NO<sub>3</sub> ont été effectués au laboratoire de l'Unité de Recherche de Géochimie et de Géologie de l'Environnement à la Faculté des Sciences de Tunis.

Les résultats de ces analyses ont été interprétés par les méthodes géochimiques (répartitions spatio-temporelle, corrélation entre la salinité et les éléments majeurs et indices de saturation) renforcées par une analyse statistique par le biais de l'analyse en composante principale.

La salinité des eaux de la nappe profonde d'Oued El Khairat varie de 0.1 à 2.5 g/l et celle des eaux de la nappe phréatique oscille entre 0.7 et 4.3 g/l. La distribution spatiale de la salinité montre une augmentation dans le sens d'écoulement des eaux aussi bien pour la nappe phréatique que pour la nappe profonde. Les nitrates sont présents dans les eaux du système aquifère d'El Khairat avec des teneurs variant de 0.08 à 29 mg/l pour la nappe phréatique et de 0.04 à 22.36 mg/l pour la nappe profonde.

Les eaux souterraines et de surface montrent une bonne homogénéité de faciès chimique, généralement explicable par des processus d'interaction eau - roche plus ou moins aboutis. Dans l'ensemble, il s'agit d'un faciès de type Na-Ca-Cl-SO<sub>4</sub>.

Ces éléments auraient pour origine l'altération chimique des formations traversées, au cours de l'infiltration des eaux, et celle de la roche-réservoir.

**Mots-clés :** Système aquifère d'El Khairat, hydrogéochimie, indices de saturation, analyse en composante principale.

## L'EFFET DU PROCESSUS D'AÉRATION MÉCANIQUE SUR LA POLLUTION PHOSPHORÉE DES PLANS D'EAU

**Kettab Ahmed<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Supérieure Polytechnique El Harrach, Avenue Hassen Badi, Alger, Algérie.

Email: [kettab@yahoo.fr](mailto:kettab@yahoo.fr)

On appelle pollution de l'eau toute modification de la composition de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Cette modification peut apparaître dans les fossés, les rivières, les fleuves, les canaux, les marais, les lacs, la mer, les eaux souterraines.

Les substances telles que l'azote ou le phosphore proviennent d'apports extérieurs amenés par les affluents, les pluies. Sous des conditions normales d'oxygénation de l'eau, elles sont peu solubles et se déposent naturellement au fond de la retenue où elles sont piégées par les sédiments. Par contre, dans les milieux anaérobiques (i.e. à faible teneur en oxygène), leur solubilité est importante et en ce cas, leur concentration dans l'eau favorise alors directement une production organique et le développement d'espèces végétales nocives. Le phénomène s'accélère aussi par le fait que, dans de tels milieux anaérobiques, les sédiments libèrent les substances piégées et les rejettent dans l'eau, augmentant ainsi leur concentration.

Pour contrer ce phénomène, il faut d'une part éviter les apports extérieurs et bloquer les apports intérieurs dus au relâchement des substances piégées dans les sédiments. Les apports extérieurs peuvent être diminués par une gestion saine des bassins versants, le traitement des eaux rejetées dans la retenue ; Pour minimiser les apports intérieurs, il faut éviter que la teneur en oxygène soit trop basse et donc proposer des processus de ré-oxygénation de l'eau. Il est nécessaire par conséquent, de cerner ces zones à faible teneur en oxygène; il apparaît qu'elles se situent dans les couches profondes de la retenue et que la concentration en oxygène est corrélée avec la température de l'eau. La lutte contre la pollution des plans d'eau devrait passer avant tout par des méthodes préventives, qui s'attaquent réellement au problème de contamination, en limitant la diffusion du phosphore, de l'azote, de la matière organique ou encore des polluants dans l'environnement.

En effet, l'objectif de cette étude est de lutter contre un cas de pollution à savoir le phénomène d'eutrophisation, et ceci afin de contrer ce fléau. Ainsi, on a procédé à l'aération mécanique qui consiste la déstratification de la colonne d'eau en saison hivernale, l'aération et/ou l'oxygénation hypolimnétique durant la saison estivale. L'analyse des résultats obtenus a révélé que le système d'aération a contribué nettement quant à l'amélioration de la teneur en oxygène dans les trois couches du lac. Les plus grandes teneurs en oxygène sont observées dans la couche intermédiaire et superficielle de l'hypolimnion dans les deux techniques d'aération.

**Mots-clés** : aération artificielle, eutrophisation, phosphore, oxygène, déstratification, pollution, réserves d'eau.

## ÉTUDES PRÉVISIONNELLES DES RISQUES DE CONTAMINATION PAR LES MÉTAUX LOURDS ET CARTOGRAPHIE DES VULNÉRABILITÉS DANS LA RÉGION DE FÈS

**Khairi I.<sup>1</sup>, Jabrane R.<sup>1</sup> et Fekri A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de géosciences et environnement, Faculté des sciences et techniques, B.P. 2202, Fès Sais, Maroc

Email: [imanekhairi@gmail.com](mailto:imanekhairi@gmail.com)

La ville de Fès compte parmi les agglomérations les plus importantes du Royaume du Maroc, sa population est chiffrée à 967.000 habitants en 2005 et sera de 1.190.000 en 2015. Elle présente également un pôle industriel capital, soit le deuxième rang au Maroc avec plus de 400 unités

industrielles en plus d'ateliers d'artisanat couvrant toutes les branches (Textile, Tanneries, Dinanderies, huileries, agro-alimentaire... etc.). L'ensemble de ces unités est raccordé au réseau d'égout de la ville, ce qui pose d'énormes problèmes à la fois pour le réseau d'égout et pour le milieu récepteur qui est Oued Fès puis vers Oued Sebou. La pollution totale rejetée par la ville de Fès s'élève à 10000 m<sup>3</sup>/j ; elle atteindra 120000 m<sup>3</sup>/j à l'horizon de 2015 (RADEEF, 2008). L'utilisation intense des eaux usées de l'oued Fès au niveau de la région de Fès, est plus intense et vise les cultures maraîchères, ce qui s'accompagne par des risques sanitaires dont l'évaluation nécessite la connaissance des teneurs en éléments toxiques dans les eaux, les sédiments ainsi que les plantes irriguées par ces eaux.

Afin d'évaluer le degré de la contamination métallique des eaux et des sédiments de surface ainsi que quelques sources et eaux de puits, de la ville de Fès, nous avons procédé à l'échantillonnage pendant trois périodes, pour 13 éléments (As, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn, S, Hg), qui ont été dosés dans 25 points intégrant toute la ville, la 1<sup>ère</sup> campagne a été réalisée pendant le mois de Mai 2008 (période des moyennes eaux), la seconde pendant septembre 2008 (basses eaux) et la dernière en décembre 2008 (hautes eaux). Le choix des points a été fait en fonction de la représentativité par rapport au périmètre urbain de la ville et de la proximité ou l'éloignement des sources de pollution.

L'échantillonnage a été réalisé selon la norme internationale ISO 5667-3 des métaux lourds. Le dosage a été effectué par spectromètre d'émission optique (ICP).

Les résultats des analyses métalliques montrent des concentrations variables d'une station à l'autre, ainsi une importante concentration en chrome a été remarquée au niveau du sédiment de la zone de rejet du Q.I Ain Nokbi, les mêmes points témoignent d'une concentration en Cu, Pb et S, pour les sédiments d'Oued Fès Aval.

Une comparaison entre les teneurs en métaux lourds obtenus durant cette étude et des résultats obtenus lors d'une campagne réalisée par LPEE, en 2003, pour la même saison (hiver) à des points avoisinants le P16 et P18, de notre campagne montre :

Une augmentation de la concentration du Cu du Zn et du Cr dans l'échantillon d'eau d'Oued Fès Aval, alors que pour l'échantillon du sédiment du même point Oued Fès Aval, on note une augmentation de la concentration en As, et légère en Ni, les autres éléments quant à eux montrent une baisse de concentration entre les deux campagnes. Cependant si on compare les résultats obtenus pour l'eau (utilisée en irrigation) aux normes autorisées par la FAO, les valeurs de Zn, Cu et Cr, sont largement supérieures à la valeur fixée par la FAO, respectivement 2mg/l, 0.2 mg/l et 0.1 mg/l, et ne sont guère favorables à l'irrigation.

Eaux mg/l	Mn	Zn	Cu	Fe	Pb	As	Ni	Cd	Cr
Ech 2003	0.473	1.057	0.2308	36.66	0.2956	0.3968	0.1148	0.0039	0.1428
Ech 2008 HIV	0.146	3.567	1.645	9.502	0.049	0.004	0.041	0.002	0.27

Sédiments Mg/kg	Mn	Zn	Cu	Fe	Pb	As	Ni	Cd	Cr
Ech 2003	236	371.7	215.7	15770	139.9	1.132	31.55	0.2776	261.7
Ech 2008 HIV	206.909	236.704	28.233	10494.224	50.408	46.989	45.133	0.195	181.021

La variabilité des teneurs en métaux lourds a été analysée à l'aide de l'analyse statistique ou analyse de variance (ANOVA), à deux facteurs saisons et stations effectuée par analyse en composantes principales.



Les résultats de cette étude ont mis en évidence la présence des éléments métalliques dans les rejets et les cours d'eau de la ville de Fès, L'analyse des sédiments des cours d'eau circulant dans la ville, montre aussi de grandes teneurs en métaux, ce qui constitue un vrai danger pour l'environnement et la santé publique, étant donné que les eaux sont utilisées pour l'irrigation et contiennent une teneur qui dépasse les normes fixées par la FAO, les plantes des périmètres irrigués par les eaux des oueds circulant à la ville de Fès, seront aussi analysées ce qui fera le deuxième relais de ce travail.

## **EFFECT OF THE GROUND WATER QUALITY ON LAND DEGRADATION IN AL - MUHALABIA AND SINJAR REGION**

**Khalid A. Khalid<sup>1</sup> and Salem A. Khedir<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Soil & Water Sciences, Agriculture & Forestry College, Mosul University, Iraq

Email: [khalid\\_anwar31@yahoo.com](mailto:khalid_anwar31@yahoo.com)

The study of ground water is very important to determine the quality and validity of water for different uses as one of the important sources, because the need to use ground water for different purposes are increasing dramatically at the last time, these uses are required appropriate water type due to the variation of water kinds. The quality of ground water is different from one area to another depending on the combination of factors, such as chemical and physical composition of rocks, water movement, in addition to different environmental and weather conditions, as well as vegetation cover type and human influences. The ground water are pure and free of sediments and organic materials but it is often containing dissolved materials and metal compounds stored for long periods in aquifers of different rock types and chemical composition, many researchers pointed out that most of dissolved salts in the ground water exists on form of ionized salts, some of them are negatively charge (chlorides, sulphates, carbonate, and bicarbonate) and others with a positive charge (chlorides, potassium, calcium, magnesium).

Research includes study of water wells in various locations in Al-Muhalabia and Sinjar regions, west of Mosul, at a distance of 40 - 110 Km respectively; these areas suffer from lack of its water sources, so the population relies on water wells as a major source in their daily life, which have many risks on public health in those regions.

Research aims to determine the quality of water wells in these regions, and to define their suitability in daily use, as well as in irrigation, where orchards and the most adjacent lands to the wells that depend on water wells. Recently, noted a distinct deterioration in soil and crop production, so these regions are suffering now severe desertification.

Thirty wells has been selected from these regions, laboratory tests were done to determine the quality of water, included estimation of sulphates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) and calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) and chlorides ( $\text{Cl}^-$ ), phosphorus ( $\text{P}_4^+$ ) in addition to measuring The PH and electrical conductivity (EC).

The values of dissolved substances for all studied wells are overstepped the accepted limits for drinking as Kamensky water classification and specifications of the World Health Organization WHO. The results of the study pointed out that the high concentration of magnesium and gypsum in the water gives unpalatable taste and lead to an increase of diarrhea when use this water for drinking, also it is observed that the studied samples contain magnesium concentration higher than 125 mg / liter, where as the most studied samples are unsuitable for drinking as well as the ninety per cent of the samples which studied are unsuitable for domestic use as classified in Kamensky.

**Keywords:** water quality, Degradation, water wells, Iraq

## APPORT DU CARBONE 13 À LA CARACTÉRISATION DU FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME KARSTIQUE DU HAUT BASSIN DE L'OUUM ER-RBIA (MAROC)

**Khalil Nourddine<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de GEOHYD, Département de géologie, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

Email: [khalil@ucam.ac.ma](mailto:khalil@ucam.ac.ma)

Le Haut Bassin de l'Oum Er Rbia constitue une ressource en eau importante à l'échelle du Maroc. Il contient un réservoir aquifère à forte potentialité. La région est drainée par l'Oued Oum Er Rbia qui est alimenté par de nombreuses sources dont les eaux présentent une salinité très variable. L'étude basée sur l'interprétation des données isotopiques des eaux souterraines a permis de comprendre l'origine de la minéralisation et les relations entre les différents niveaux du système aquifère dans ce bassin.

Une trentaine de sources réparties sur l'ensemble du bassin du Haut Oum Er Rbia, ont fait l'objet de plusieurs campagnes physico-chimiques et isotopiques.

Cette approche est basée sur l'utilisation des outils isotopiques. Ces outils ont montré leur efficacité pour appréhender le fonctionnement de systèmes hydrogéologiques complexes.

Les teneurs en  $\delta^{13}\text{C}$  des différentes sources étudiées varient de  $-10$  à  $-13$  ‰ avec une moyenne de 11,48.

L'étude du carbone 13 a montré que les eaux sont enrichies par rapport à la valeur calculée. Les eaux de la zone saturée ont pu donc subir des phénomènes de dégazage et de précipitations, ou tout autre phénomène permettant un enrichissement en  $^{13}\text{C}$  ce qui permet de dire que leur temps de séjour est grand.

**Mots-clés :** Isotopes, carbone 13, fonctionnement, Oum Rbia

## ANALYSE DES PARTIES PRENANTES POUR LA GESTION INTÉGRÉE DE L'EAU AU NIVEAU DU BASSIN HYDROGRAPHIQUE DE TAHEDDART

**Khattabi Abdellatif<sup>1</sup> et Chentouf Houda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé

Email: [ab\\_khattabi@yahoo.com](mailto:ab_khattabi@yahoo.com)

La question de l'eau représente aujourd'hui, l'une des priorités des politiques internationales, nationales et régionales. En effet, la situation dans beaucoup de pays est grave - manque d'accès à l'eau, pollution, destruction des écosystèmes, etc. -, et risque de s'aggraver davantage avec les changements climatiques. Au Maroc, la pression sur les ressources en eau continue à augmenter linéairement avec la croissance démographique et le développement économique.

Le Bassin de Tahaddart, objet de cette étude, constitue la plus grande entité hydrographique du Tangérois et son réseau hydrographique est assez ramifié. Cependant, malgré son potentiel hydrographique, ce bassin risque une pénurie d'eau à cause du déclin continue de la disponibilité de la ressource engendrée essentiellement par les limites de la gestion de l'offre et par les contraintes climatiques.

Le défi étant donc étant d'établir une bonne gouvernance de la ressource tout en se basant essentiellement sur la gestion de la demande sachant que la gestion de l'offre a connue ses limites. La crainte de la pénurie potentielle de l'eau incite à définir le rôle et les responsabilités de chaque acteur afin de garantir l'accès de l'eau pour tous. Une gouvernance réelle se fonde sur le partenariat et la coordination et l'implication des différents acteurs concernés par la gestion de l'eau.

A cet effet, nous avons essayé d'identifier les parties prenantes à la politique de gestion des ressources en eau et les acteurs mobilisés dans la gestion de l'eau ; de voir comment les institutions

et les acteurs s'impliquent-ils et s'organisent-ils pour gérer les ressources en eau ? Quels sont les rôles des acteurs locaux dans la politique de gestion de l'eau ? Comment peut-on les confédérer pour faire œuvre commune et instituer des solutions originales ?

Des entretiens semi-structurés ont permis d'identifier les acteurs potentiels du bassin de Tahaddart et leur degré d'influence dans la gestion des ressources en eau. Cette étude démontre que seule une approche pluridisciplinaire puisse contribuer au développement d'outils efficaces pour une meilleure gestion des ressources en eau, et qu'au delà des mesures législatives, institutionnelles, techniques, ou biologiques de la sauvegarde de nos ressources, l'Homme - en tant que législateur, gestionnaire, producteur, chercheur ou usager - demeure la pierre angulaire de tout processus de sauvegarde et de préservation des ressources en eau. Ainsi, la réussite de la gestion intégrée des ressources en eau est tributaire de son degré d'implication.

**Mots-clés :** Analyse des acteurs, Bassin de Tahaddart, gestion intégrée des ressources en eau, gouvernance.

### **ANALYSE DES FORCES, FAIBLESSES, OPPORTUNITÉS ET MENACES À LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU DANS LE BASSIN DE TAHADDART**

**Khattabi Abdellatif<sup>1</sup> et Chentouf Houda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Forestière d'Ingénieurs, Salé, Maroc

Email: [ab\\_khattabi@yahoo.com](mailto:ab_khattabi@yahoo.com)

Dans un contexte en pleine évolution, plusieurs facteurs ne cessent d'influencer les stratégies de planification de l'eau : la mondialisation, les changements climatiques, démographiques et socio-économiques, l'évolution des perceptions sociales concernant les questions relatives à l'eau, la pression quant à la disponibilité et la qualité de l'eau, et enfin, la nécessité de préserver l'environnement et les écosystèmes à l'échelle mondiale.

Le bassin versant de Tahaddart n'échappe pas à ce contexte. Situé au Nord-Ouest du Royaume du Maroc, ce bassin - qui s'étend sur 1.190 km<sup>2</sup> - est confronté à un important défi : la gestion des ressources en eau dans une perspective de développement durable. Comment concilier les différents usages qui sont l'alimentation en eau potable et industrielle dans une zone où les besoins en eau allant crescendo (projets de développement touristique et industriel, urbanisation, accroissement démographique), et les ressources en eau qui sont en baisse.

L'essor économique que connaît la ville de Tanger, accompagné de la prolifération des zones industrielles, l'extension urbanistique sur les périphéries de la ville, l'invasion du littoral et des principales forêts par les complexes touristiques, et l'éclosion des carrières dans des zones stratégiques, nous amène à nous interroger sur l'avenir qualitatif et quantitatif des ressources en eau du bassin de Tahaddart.

Ainsi, cette étude a été menée dans l'objectif de mettre en exergue les potentialités, les contraintes et les limites au développement des ressources en eau au BVT, pour réfléchir en concertation avec les décideurs, les professionnels et les experts du domaine sur les meilleures solutions à recommander pour une gestion durable et intégrée des ressources en eau au niveau du bassin de Tahaddart.

Le croisement des données physiques, socio-économiques spatialisées - collectées par les questionnaires -, et les usages actuels et futurs identifiés au niveau du bassin, en plus des entretiens organisés avec les acteurs dans le domaine d'eau, nous ont permis de dresser un diagnostic du bassin, de porter appréciation sur le niveau et la qualité de fonctionnement des différents milieux, et d'en déceler l'origine des dysfonctionnements.

Ainsi, l'analyse SWOT nous a permis de déceler les principaux facteurs qui contrebalancent les atouts de ce bassin. Il s'agit des contraintes institutionnelles marquées par les limites législatives ; des

facteurs structurels qui représentent une vraie entrave au développement des ressources en eau au niveau du BVT ; et enfin, des limites liées aux modes de gestion des ressources en eau.

**Mots-clés** : Analyse SWOT, Bassin de Tahaddart, Gestion intégrée des ressources en eau.

### **STRUCTURE ET MODÉLISATION HYDRODYNAMIQUE DE LA NAPPE ALLUVIALE DE L'OUED M'ZI (PARTIE ORIENTALE DE DJEBEL AMOUR MÉRIDIONAL) LAGHOuat, ALGÉRIE**

**Kheddoum Okkacha<sup>1</sup> et Merzougui Touhami<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Eau et Environnement, Université d'Oran, Oran, Algérie

<sup>2</sup>Département des sciences de la terre, Université de Tlemcen, Algérie

Email: [okkacha\\_06@yahoo.fr](mailto:okkacha_06@yahoo.fr)

Dans la partie orientale du Djebel Amours méridional, la nappe alluviale de l'Oued M'zi représente la seule ressource en eau de la région. Elle alimente les petites agglomérations depuis Bordj Snoussi en amont jusqu'au Ksar Kabeg en aval. La présente étude a pour but de présenter la caractérisation et le fonctionnement du système aquifère, préalables incontournables à la construction d'un modèle mathématique de gestion des ressources en eau souterraine. La définition de la structure du modèle est déterminée à l'aide de méthodes lithostratigraphiques, structurales, géophysiques et hydrogéologiques. Le modèle élaboré correspond à une monocouche libre, discrétisé en différences finies. Le calage réalisé en régime permanent améliore la connaissance des caractéristiques hydrauliques de l'aquifère et donne un bilan équilibré du système aquifère.

**Mots-clés** : Vallée de l'oued M'zi, Laghouat, système aquifère, modèle mathématique, différences finies, régime permanent, bilan équilibré.

### **ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DU CALAGE DU MODÈLE MATHÉMATIQUE DE LA NAPPE ALLUVIALE DE L'OUED M'ZI (LAGHOuat, ALGÉRIE)**

**Kheddoum Okkacha<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Eau et Environnement, Université d'Oran, Oran, Algérie

Email: [okkacha\\_06@yahoo.fr](mailto:okkacha_06@yahoo.fr)

L'exploitation intensive de la nappe alluviale de l'oued M'zi interpelle sur les règles de gestion de ses disponibilités hydrauliques à l'aide d'un modèle mathématique de simulation dont la fiabilité n'a pas été éprouvée et la précision de la connaissance de ses paramètres ignorée.

La géostatistique permet de remédier à ces manquements en invoquant le krigeage des données de la piézométrie pour estimer la carte des écarts-réduits de calage pour un intervalle de confiance de 95%. Les résultats obtenus concernant le calage sur la charge hydraulique de campagne piézométrique de 1990 et la charge calculée de 1994 révèlent des inadéquations du calage dans l'ensemble du domaine aquifère.

**Mots-clés** : Nappe alluviale de l'Oued M'zi, règles de gestion, modèle mathématique, simulation, fiabilité, précision, géostatistique, krigeage, piézométrie, écarts-réduits, calage, intervalle de confiance.

## DÉVELOPPEMENTS D'APPLICATIONS SIG/ARCSDE POUR LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU

**Khoms A.<sup>1</sup> et El Mansouri B.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire des Géosciences Appliquées et Technologies des Ressources en Eau

Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

Email: [Khoms\\_abdelaziz@hotmail.com](mailto:Khoms_abdelaziz@hotmail.com), [b\\_elmansouri@yahoo.fr](mailto:b_elmansouri@yahoo.fr)

L'eau devenue rare, soumise à l'augmentation continue des besoins, due à l'évolution rapide de la population, à l'amélioration du niveau de vie, au développement industriel et à l'extension de l'agriculture irriguée. Ces pressions sur les ressources en eau s'accompagnent d'une dégradation croissante et de plus en plus grave de leur qualité. D'autre part, les besoins des nombreux acteurs agissant sur un bassin n'est pas toujours concordants d'où le besoin des calculs de la modélisation hydrologique qui permet le suivi et la prévision des ressources en eau.

L'objectif de développement de l'applicatif est de gérer le suivi de la qualité de l'eau et de faire le calcul de la modélisation en fournissant aux utilisateurs une exploitation rapide et très simple des interfaces personnalisés, cette exploitation est optimisée de point de vu nombre d'opération et temps d'exécution pour aboutir aux résultats voulus, elle fournit aussi une visualisation cartographique sur l'ensemble des entités qui existent dans le domaine d'étude.

Le prototype SIG mis en place permet à un grand nombre des utilisateurs d'exécuter l'application en même instant. Les traitements de chaque utilisateur se font en local d'une manière indépendante alors que d'autres données sont partagées comme la limite du Bassin versant, les oueds, les stations de mesures...

Le carburant du prototype SIG est la base de données géographique qu'on peut la mettre distant sous Oracle grâce à la passerelle ArcSDE, une autre base de données géographique local qui a pour objectif le stockage des résultats des traitements d'un utilisateur. La conception de la base de données est faite d'une manière générale, ca veut dire qu'on alimente la base par les données sur notre bassin versant quoique se soit ce dernier en respectant notre modèle de données pour maintenir un bon fonctionnement.

L'apport de l'informatique à la gestion des ressources en eaux est devenu primordiale. l'apparition dans les dernières années des produits qui aide au stockage de l'information géographique comme oracle ,ArcSDE... , l'évolution des langages de programmation comme vb DotNet ... et un ensemble des composants pour personnaliser et déployer une application comme ArcEngine , nous ont aidés à produire un prototype

## GROUNDWATER BALANCE AND SCENARIO ANALYSES OF CLIMATIC AND SOCIO-ECONOMIC CHANGES FOR THE ARID MIDDLE DRÂA VALLEY (SOUTH MOROCCO)

**Klose S.<sup>1</sup> and Reichert B.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Steinmann Institute – Geology, Nussallee 8, D-53115 Bonn, Germany

Email: [stklose@uni-bonn.de](mailto:stklose@uni-bonn.de) ; [b.reichert@uni-bonn.de](mailto:b.reichert@uni-bonn.de)

Recurrent droughts, unplanned groundwater extractions and increasing groundwater salinity deteriorate the water resources of the (hyper-) arid middle Drâa valley. Soil salinity, population growth and urbanization even worsen the situation. Irrigation agriculture is the main activity depending on surface water from the upstream reservoir Mansour Eddahbi and on individually pumped groundwater. Agricultural production is thus the main water consumption concentrating on the six Drâa oases. Additionally, groundwater is pumped in small irrigated perimeters along the tributaries of the Wadi Drâa and in adjacent sedimentary basins.

As contribution to the IMPETUS project this study focussed on groundwater dynamics and hydrogeochemical processes. A groundwater balance model (BIL) was developed for the middle Drâa valley to support regional groundwater management. This groundwater balance model is a principal component of a Spatial Decision Support System (IWECS) which supports the evaluation of investigation requirements for groundwater and soil resources.

The distribution of inorganic groundwater composition verifies the existence of three main aquifer systems within the basin. Groundwater of almost natural background composition occurs in the extensively used parts of the hard rock areas (Ca-HCO<sub>3</sub> - type). Groundwater of heterogeneous composition reflects various hydrogeochemical processes in the aquifers of the sedimentary basins adjacent to the Drâa (Mg-HCO<sub>3</sub> to Na-SO<sub>4</sub> – type). A quite homogenous group of strongly saline water is found within the alluvial aquifers along the Wadi Drâa (Na-Cl and Na-SO<sub>4</sub> – type). Moreover, surface water of the Wadi Drâa (coming from the upstream reservoir) is less saline (Ca- SO<sub>4</sub> – type). Regional recharge is estimated applying the chloride mass balance method in combination with the evaluation of groundwater evolution along main path ways. The estimation of recharge is then incorporated in the groundwater balance model BIL using the linear storage concept.

Scenario analyses of climatic and socio-economic changes reveal significant impacts on groundwater availability. Climate change will lead to enhanced water scarcity. Changes in water use strategies will influence the resources even stronger. Consequently adapted resource management can mitigate drought effects. In this context integrated research is the most promising base considering that salinization effects can neutralize water saving measures such as drip irrigation.

#### **COMMUNITY ENGAGEMENT IN THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF RIVERS: BAREKESE CATCHMENT, KUMASI, GHANA**

**Kumasi Carolyn Kumasi<sup>1</sup>, Obiri-Danso K.<sup>1</sup> and Ephraim James Hawkins<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Kwame Nkrumah University of Science and Technology, College of Science, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Kumasi, Ghana.

<sup>2</sup>Catholic University College of Ghana, P. O. Box 363 Sunyani, Brong Ahafo Region, Ghana  
Email: [tyhracarolynkumasi@yahoo.co.uk](mailto:tyhracarolynkumasi@yahoo.co.uk)

The Barekese Reservoir is a facility for reserving water for treatment and subsequent consumption by the populace of the Kumasi conurbation and its environs. The reservoir provides 80 percent of the total public water supply to the Kumasi locale and is plagued by persistent degradation through anthropogenic activities throughout the catchment. This situation raises concern on the regional deterioration of water quality and quantity. We present the attitudes of local communities towards their involvement in river water management and the sustainable exploitation of natural resources. We administered both open ended and closed structured questionnaires in seven communities in the reservoir catchment. The results revealed that individual residents in these communities have not been involved in the management of the reservoir, adversely affecting goals of sustainable management. Our study concludes with direct policy recommendations and applications in four specific areas to arrive at sustainable management of the facility by involving affected communities through their inclusion in: ongoing and proposed project development as shareholders; the review of existing environmental legislation; adopting of indigenous knowledge in management institutions; and the re-introduction of norms and traditions within the communities.

**Keywords:** sustainable development; Barekese catchment; community engagement; local communities and rivers.

## EFFECTS OF PAPER MILL SLUDGE ON SOIL PROPERTIES AND ON GROWTH AND NITROGEN CONTENT OF SUNFLOWER (HELIANTHUS ANUUS)

Laffray Xavier<sup>1</sup>, Bouriou Mohamed<sup>1</sup>, Alaoui-Sosse Laurence<sup>1</sup>, Badot Pierre-Marie<sup>1</sup>, Lemal Laure<sup>1</sup> and Alaoui-Sosse Badr<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Chrono-environnement, UMR UFC/CNRS 6249 USC INRA, Université de Franche-Comté, Place Leclerc, F-25030 Besançon cedex, France,

Email: [badr.alaoui-sosse@univ-fcomte.fr](mailto:badr.alaoui-sosse@univ-fcomte.fr)

The addition of organic matter to soil (crop residues, waste waters, etc.) attenuates the degradation process of soil native organic matter, because fresh material is attacked more easily by the micro-organisms, and it contributes to safeguarding the ecosystem from irreversible variations in the soil organic pool, determined by intensive cropping systems and by agronomic techniques. The manufacture of paper generates significant quantities of paper sludge which are used primarily as an organic amendment rather than as fertilizers, because of low mineral nutrient contents. The aim of this study is to evaluate the impact of paper-mill sludge amendment on the chemical and physical soil properties. The amending effects on the sunflower seedlings (*Helianthus annuus*) are also assessed. A five and seven week study was conducted in a greenhouse with sunflower grown on an acid soil for control treatment. Soil is amended with 5, 20 and 50% of paper-mill sludge respectively. Different parameters have been measured on the soil physical and chemical properties (field capacity, bulk density, organic matter content and pH) and on the sunflower seedlings (CCI: Chlorophyll Content Index, dry biomass accumulation, water potential and Kjeldahl nitrogen content). The results showed an improvement of soil properties after amendment with paper-mill sludge. Relationships were established between the quantities of paper-mill sludge applied and the measured parameters. Soil pH (4.56 to 6.97) and field capacity increased (49.9% for control to 68.5 % for 50% treatment). However, soil bulk density decreased from 1.07 for control to 0.66 for 50% treatment and this improved water availability in soil solution. Significant effects on sunflower seedlings were also recorded with a positive effect on the growth (only for 5 and 20% treatments) and on shoot water potential. However, sludge amending had a negative effect both on CCI and shoot and root nitrogen contents. Increase in dry matter accumulation when plants grown on amended soil could be probably explained by the improvement of structure and fertility of soil. The significant decrease in seedling nitrogen contents could be due to the nitrogen immobilisation when soil carbon content is high.

**Keywords:** paper-mill sludge, amendment, soil properties, nitrogen, sunflower.

## IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LA FAUNE ET LA FLORE DU SITE RAMSAR DU LAC TONGA (EST ALGÉRIEN)

Lazli A.<sup>1</sup>, Boumezbeur A.<sup>2</sup> et Moali A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut de Biologie, Centre universitaire d'El Tarf, Algérie.

<sup>2</sup>Direction générale des forêts, Université A.Mira-Béjaia, Algérie

Email: [la\\_amel13@yahoo.fr](mailto:la_amel13@yahoo.fr)

Le lac Tonga, classé réserve intégrale au sein du Parc National d'El Kala (Est-algérien) et site Ramsar d'importance internationale depuis 1982, est un marais d'eau douce d'une superficie de 2600 ha, considéré comme un important site d'hivernage pour de nombreux anatidés, et le lieu de nidification sans doute le plus important d'Afrique du Nord, pour de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau. Il est recouvert en mosaïque à 80% d'une végétation émergente constituée d'îlots de saule et de rubanier et de plages de Nénuphar blanc.

Le monitoring réalisé depuis quatre années (2005-2008) sur l'Erismature à tête blanche *Oxyura leucocephala*, espèce considérée comme globalement menacée et classée comme "En danger" sur la

liste rouge de l'UICN, montre une évolution de la population sur place par rapport aux données recueillies entre 1991-1992. Malheureusement, cette espèce se voit menacée par la détérioration de la qualité de son habitat. En effet, la mesure de certains paramètres physico-chimiques de l'eau du lac (pH, température, conductivité, oxygène dissous, matière en suspension) fait notamment ressortir une élévation de la température qui limite la solubilité de l'oxygène mais aussi la respiration des organismes aquatiques vivants.

Par ailleurs, le lac accuse un atterrissement provoqué par le charriage de matériaux solides provenant de l'érosion de son bassin versant et un développement important de la végétation qui le couvre ; un état d'eutrophisation y a été diagnostiqué. Aujourd'hui, l'Erismature qui de nature et de par son écologie colonisait les parties centrales libres du lac, se voit de plus en plus dans les parties périphériques recherchant de petite flaques d'eau libre car à partir du début du mois d'avril le centre du lac est envahi par le nénuphar blanc et les nichées ont de plus en plus besoin d'espaces pour évoluer et assurer leur survie.

**Mots-clés** : Lac Tonga, Erismature à tête blanche, paramètres physico-chimiques, végétation, eutrophisation.

### **SITUATION ACTUELLE DU LAC TONGA (PARC NATIONAL D'EL KALA ; EST ALGÉRIEN)**

**Lazli A.<sup>1</sup>, Boumezbeur A.<sup>2</sup> et Moali A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut de Biologie, Centre universitaire d'El Tarf, Algérie.

<sup>2</sup>Direction générale des forêts, Université A.Mira-Béjaia

Email: [la\\_amel13@yahoo.fr](mailto:la_amel13@yahoo.fr)

Le lac Tonga est un marais d'eau douce communiquant avec la mer par un canal artificiel. Il se singularise par la présence d'îlots flottants colonisée par des saules et de grandes plages d'eau libre occupées partiellement par le nénuphar blanc. C'est une zone humide d'importance internationale inscrite sur la liste Ramsar et une réserve intégrale au sein du Parc National d'El Kala (Est-algérien). C'est aussi le plus important site d'hivernage et de nidification d'Afrique du nord, pour un grand nombre d'oiseaux d'eau.

L'analyse des comptages hivernaux sur dix années, de 2000-2009, révèle une richesse avifaunistique de 23 espèces d'oiseaux d'eau, avec une fluctuation des effectifs d'une année à l'autre. Mais si l'on retient l'ensemble des espèces nicheuses, notamment : limicoles, passereaux, marouettes et rapaces; la richesse totale dépasserait 50 espèces regroupées en 19 familles. Le lac Tonga accueille classiquement en janvier près de 25 000 anatidés et foulques et abrite la nidification de plusieurs espèces protégées dont le fuligule nyroca, l'Erismature à tête blanche, la guifette moustac...

Malheureusement, le diagnostic dressé ces cinq dernières années fait ressortir que son bassin versant est sujet à une érosion importante suite aux incendies, au pâturage, à l'agriculture, l'agrandissement des agglomérations tout autour et l'accroissement des besoins des riverains (pompage, élevage, extension des cultures). Ainsi, le lac connaît le charriage de matériaux augmentant le phénomène d'apport de matières solides provenant de l'érosion de son bassin versant et provoquant donc l'atterrissement de ce dernier. Cette situation pourrait à court terme être préjudiciable à la biodiversité de ce site dont la renommée n'est plus à refaire.

**Mots-clés** : Lac Tonga, oiseaux d'eau, bassin versant, érosion, agglomérations.



## **SAMIR, "SATELLITE MONITORING OF IRRIGATION", A TOOL FOR IRRIGATION MONITORING USING REMOTE SENSING FOR LANDCOVER MAPPING AND EVAPOTRANSPIRATION ESTIMATION**

**Le Page M.<sup>1</sup>, Simonneaux V.<sup>1</sup>, Duchemin B.<sup>1</sup>, Kharrou H.<sup>2</sup>, Khabba S.<sup>3</sup>, Er-Rakki S.<sup>3</sup>, Berjamy B.<sup>4</sup>, Chehbouni G.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CESBIO- Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Toulouse, France

<sup>2</sup>ORMVAH Office régional de mise en valeur agricole du Haouz, Marrakech, Maroc

<sup>3</sup>Université Cadi Ayyad /Institut de Recherche pour le Développement, Marrakech, Maroc

<sup>4</sup>ABHT Agence de bassin hydrologique du Tensift, Marrakech, Maroc

The Sudmed project, carried out by CESBIO (Toulouse, France) and University Cadi Ayyad (Marrakech, Morocco), is studying the hydrological functioning of the Tensift semi-arid Watershed (Marrakech, Morocco), to help monitoring its hydrological resources. The evapotranspiration (ET) of the irrigated crops of the plain is one of the major fluxes of this watershed, which consumes 85% of the water used. To assess the evapotranspiration at the plain level (10000 km<sup>2</sup>), we built the SAMIR software based on the «FAO» model (Allen et al. 1998). FAO method was chosen because of the good trade off it achieves between data requirements and results accuracy. ET estimation requires 3 types of data: (1) climate to compute reference ET<sub>0</sub>, (2) land cover and (3) vegetation development (= K<sub>c</sub>). SAMIR includes also a simple soil module allowing to compute the water budget of the crop and thus the irrigation requirements. Two examples are given: pumpings estimates at the Haouz plain level and long term estimate of ET at medium resolution.

**Keywords:** *Evapotranspiration, Irrigation, Remote Sensing.*

## **DEW, FOG, RAIN AS SUPPLEMENTARY SOURCES OF WATER IN SOUTH-WESTERN MOROCCO**

**Lekouch Imad<sup>1,2,5</sup>, Beysens Daniel<sup>2,3,5</sup>, Muselli Marc<sup>4,5</sup> and Kabbachi Belkacem<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Ibn Zohr d'Agadir, Sise B.P 32/S – 80 000 Agadir, Morocco

<sup>2</sup>Ecole Supérieure de Physique et Chimie Industrielle, 10, rue Vauquelin, 75231 Paris, France

<sup>3</sup>Equipe du Supercritique pour l'Environnement, les Matériaux et l'Espace, SBT, CEA-Grenoble, 17, rue des Martyrs, 38504 Grenoble, France

<sup>4</sup>Université de Corse, UMR CNRS 6134, Route des Sanguinaires, 20000 Ajaccio, France

<sup>5</sup>International Organization for Dew Utilization, 26, rue des Poissonniers, 33600 Pessac, France

Email: [imadlekouch1@yahoo.fr](mailto:imadlekouch1@yahoo.fr)

This study reports on one year (May 1, 2007 - April 30, 2008) of dew, fog and rain measurements carried out in the dryland area of Mirleft, Morocco in order to be used as alternative or supplemental sources of water. Four standard dew condensers and a passive fog net collector of 1m<sup>2</sup> surfaces were used. Meteorological data were collected. 178 dew events, 31 rain events and 7 significant fog episodes occurred. Chemical and biological analyses were carried out. Dew and rain pH were neutral ( $\approx 7$ ) and the total mineralization was considerable. Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> are found of continental origin; Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> and Mg<sup>2+</sup> are of sea origin. The ions concentration agrees with the World Health Organization requirements for potable water. The biological analysis shows harmless vegetal spores and little contamination by animal/human bacteria.

## GROUND WATER QUALITATIVE ASPECTS AND MANAGEMENT IN WESTERN SICILY

Liguori V.<sup>1</sup> and Porcaro A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Structural, Aerospace and Geo-technical Engineering Palermo University, Italy

Email: [vincenzo.liguori@unipa.it](mailto:vincenzo.liguori@unipa.it)

The extraction of water from underground resource becomes increasingly difficult. The groundwater resource an important element in daily life and economic well-being of Sicilian territory. Indeed, the increasingly growing demand, due to 'increase the development of the territory, is the reduction of water resources. We are in front of the growing problem of "scarcity" of natural resource. Demand for civilian use, compared with an inadequate allocation of water for much of the population, requires reconsider the size for best manage and redistribute resource for irrigation and industrial uses.

Besides the problem of quantity must be taken into account the quality of the aquifers. In fact often they are affected by pollutants coming to the intensity agricultural activity by industrial sewage and so on.

But from an environmental point of view, the deterioration of water quality of groundwater can be linked to the presence of pollutants, or at the volume decline of the resource. In this way it is response responsible in some cases of pollution.

The supply of water is primarily for direct infiltration of rainwater and feeding of water surface. In that sense the height of the average rainfall throughout Sicily, is about 500 mm/year. The volumes of water available are approximately 18.8 billion m<sup>3</sup>/year. While the total outflow values correspond to about 190 mm/year.

Aquifers, the subject of research are located in the district of Etna volcano, in Ibleo plateau, in the Plains of Gela and Marsala - Mazara del Vallo.

The Etna aquifer represents a typical unit volcanic hydrogeological reaching thicknesses of several hundred meters. The high permeability of the rocks determines the existence of groundwater significant potential that draining to the peripheral areas of the volcano. Over the last thirty years, in relation to the rapid growth in consumption of water, has changed the dynamic balance of water increasing rapidly lowering.

In the eastern sector in particular in the Ibleo Plateau groundwater are the subject of intense exploitation. There are five aquifers, which by their geological structure, can be superimposed places, or in outcropping.

In this area there is the site of Priolo, object of numerous studies. Here is how the rest for the industrial site of Gela have applied analytical models for the assessment of the effects of water and natural barriers for the containment of the acquifer. From these simulations show that the use of hydraulic and physical barriers is an excellent containment system to secure up polluted sites, since no contaminant can cross the barrier. This is due at the anchor of the barrier in the substrate and the extraction of low water flow.

The aquifer of the Plains of Marsala-Mazara del Vallo is a multi-ground water. It is forms of sandy and calcarenites plio-Quaternay. The multi-ground water is formed by:

a free water table, which affects the higher calcarenitic complex.

a semi-confined water table deep, with high trasmissivity ( $10^{-2}$  m<sup>2</sup> /s). In areas with greater thickness (150m) can reach values of 5 m<sup>2</sup>/s.

Studies carried out showed that the water available is small and does not seem possible additional withdrawals. Indeed, the depletion of water resources appears caused by the presence of 'high number of wells (1352 only in the commune of Marsala) falling into the flat.

The data taken from the water showed that the aquifer has been subject to intense overfishing because the withdrawals exceed the annual recharge are affecting the reserve and causing an lower of the piezometric level.

The chemical and microbiological analysis of samples taken at several points in the Plains, have shown that the quality samples are characterized by a significant salinity, high presence of nitrates and coliform bacteria at 37 ° C and in some cases even E. Coli, which highlight the vulnerability of the underground aquifer. In conclusion, the flap of the Plains of Marsala-Mazara del Vallo showed well as a worsening deficit quantity of quality. These are due mainly to the use of fertilizers for intensive agriculture.

**Keywords:** hydrogeology, multiaquifer, ground water mining, qualitative and quantitative aspects

## VALORISATION DE L'EAU PAR LES PRINCIPALES FILIÈRES DE PRODUCTION VÉGÉTALE DANS LE PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ DE TADLA

Lionboui Hayat<sup>1</sup>, Doukkali Mohamed Rachid<sup>2</sup>, Fadlaoui Aziz<sup>3</sup> et Bahri AbdelJabbar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centre régional de recherche agronomique de Tadla, (INRA)

<sup>2</sup>Institut agronomique et vétérinaire Hassan II (IAV Hassan II)

<sup>3</sup>Centre régional de recherche agronomique de Meknès (INRA)

Email: [hayatlionboui@yahoo.fr](mailto:hayatlionboui@yahoo.fr)

Affiliation : L'étude s'inscrit dans un projet de recherche de moyen terme (PRMT) intitulé « Impact des différentes options de la politique et des changements climatiques sur l'allocation de la ressource eau à long terme dans le périmètre irrigué de Tadla » à l'institut national de recherche agronomique (INRA Maroc).

L'enjeu de l'eau est aujourd'hui crucial au Maroc. Cependant, les pertes en eau sont élevées, la productivité par hectare irrigué n'atteint pas encore le potentiel pour certaines cultures et le m<sup>3</sup> d'eau n'est pas suffisamment valorisé par les cultures.

L'utilisation et l'allocation non rationnelles de l'eau d'irrigation constituent un frein majeur au développement des filières de production végétale dans le périmètre irrigué de Tadla. Or, la modernisation de ces dernières en adoptant des techniques économes de l'eau d'irrigation contribuera à mieux gérer cette ressource et à améliorer la rentabilité de la production. Dans la conjoncture économique mondiale actuelle, ces dernières doivent être organisées pour faire face à la compétitivité et répondre aux exigences du marché local et international.

Afin de comprendre les principaux acteurs interagissant entre eux et d'étudier la valorisation de l'eau par les principales filières de production végétale, nous avons constitué une base de données technico-économiques en vue d'identifier: la répartition des coûts et des marges pour chaque filière, les contraintes associées à la gestion de l'eau ainsi que les règles d'allocation de cette ressource, et nous avons mené une comparaison entre l'efficacité des principales filières de productions végétales du périmètre irrigué du Tadla et leur valorisation de l'eau. Les principales filières de production végétale dans le périmètre irrigué de Tadla qui seront concernées par l'étude ont été priorisées dans les projets proposés dans le cadre du plan Maroc vert.

## CONTRIBUTION À LA CARACTÉRISATION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX USÉES DOMESTIQUE D'OUED BECHAR (ALGÉRIE)

**Maazouzi A.<sup>1</sup>, Badri A.<sup>2</sup>, Kettab A.<sup>1</sup>, Naceur M. W.<sup>2</sup>, Zahraoui B.<sup>3</sup>, Kabour A.<sup>4</sup> et Chebbah L.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de recherche des sciences de l'eau (LRS-EAU) El Harache Alger 16000, Algérie.

<sup>2</sup>Laboratoire des Applications énergétiques de l'hydrogène LApEH, Université Saad Dahlab Blida 09000, Algérie.

<sup>3</sup>Laboratoire de phytochimie et synthèse organique (LPSO), Université de Béchar 08000, Algérie.

<sup>4</sup>Dpt Hydraulique université de Bechar, BP : 417, - 08000- Bechar, Algérie.

Email: [maazdz@yahoo.fr](mailto:maazdz@yahoo.fr)

En milieu urbain, l'accroissement démographique génère des quantités considérables d'eaux usées qui sont traitées dans les stations d'épuration spécialiser ou rejeter directement sans contrôle dans les courts d'eau cas d'el oued de Béchar. En raison de leurs origines diverses (rejets domestiques), ces eaux sont le plus souvent chargées en éléments organiques, minéraux et en microorganismes dont certains pourraient être nuisibles à la santé et participe fortement à la dégradation des nappes qui pourrait être irréversible.

L'étude menée sur six stations notées (Ri) d'eaux résiduaires localisées sur le parcours de l'oued de Béchar influençant très probablement les eaux de la nappe souterraine utilisées par la population riveraine comme eau de consommation et/ou d'irrigation. Les analyses effectuées avril 2008 et avril 2009, ont révélé des teneurs en K, Na, Br, I<sub>2</sub>, Ca, Mg, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, TNK et les phosphates qui peuvent être transmis au eaux de la nappe par les écoulements superficiels de l'oued, dont les eaux usées subissent une percolation lente a travers les couches triasiques. Ceci est confirmé par les teneurs élevées en chlorures, qui dépassent 1641,625mg/l, ce qui explique les valeurs de la conductivité qui atteignent 3955µS/cm. Les teneurs en nitrate, nitrite respectivement 38,94 et 21mg/l, prouvent qu'une pollution nitrique des eaux souterraines est évidente. Le degré de contamination diffère d'un site à l'autre selon la distance d'éloignement de la source de pollution, la profondeur de la nappe et aussi selon l'entretien des puits utilisé par la population.

**Mots-clés** : Algérie, Oued Béchar, Rejet urbain, paramètres physico-chimique

## IMPACT CLIMATIQUE ET ANTHROPIQUE SUR LES ÉCOULEMENTS EN MILIEU SEMI-ARIDE : CAS DU SAHEL AU BURKINA-FASO

**Mahé G.<sup>1</sup>, Paturel J.E.<sup>1</sup>, Diello P.<sup>1</sup>, Karambiri H.<sup>2</sup>, Yacouba H.<sup>2</sup>, Barbier B.<sup>3</sup> and Maiga H.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>IRD/ HSM, HSM, case MSE, UM2, 34095 Montpellier Cedex 5, France,

<sup>2</sup>2IE, 01 BP 594, Ouagadougou 01, Burkina-Faso,

<sup>3</sup>CIRAD/2IE, 01 BP 594, Ouagadougou 01, Burkina-Faso,

Email: [gil.mahe@msem.univ-montp2.fr](mailto:gil.mahe@msem.univ-montp2.fr), [Harouna.karambiri@2ie-edu.org](mailto:Harouna.karambiri@2ie-edu.org), [bruno.barbbier@cirad.fr](mailto:bruno.barbbier@cirad.fr)

Malgré la baisse des pluies depuis 1970 au Sahel, les écoulements des rivières sahéliennes ont augmenté. Sur le cas d'étude du Nakambé au Burkina-Faso on montre comment ont évoluées les relations homme/climat/environnement, et les impacts sur le régime hydrologique, les ressources en eau et le développement. Malgré la construction de nombreux barrages sur le cours du Nakambé, les débits n'ont cessé de croitre entre 1970 et le milieu des années 1990. Les coefficients d'écoulement sont beaucoup plus élevés qu'avant la sécheresse. Les conséquences visibles actuellement sont des dégâts important sur des infrastructures routières, agricoles et d'aménagements hydrauliques. Par télédétection et exploitation de données démographiques, on reconstitue l'évolution de l'occupation du sol suivant 4 grandes classes : végétation naturelle, cultures, sols nus et eau libre, de coefficient d'écoulement croissants, et connus d'après des études au champ. Le modèle hydrologique GR2M utilisé comporte un réservoir sol, dont la capacité d'infiltration est inversement proportionnelle

au coefficient d'écoulement. Pour tenir compte de l'évolution de l'occupation du sol, on crée un fichier de données de hauteur d'eau dans le réservoir, évolutif dans le temps. Les performances du modèle hydrologique sont nettement améliorées avec l'utilisation de ce fichier « sol » évolutif par rapport à un réservoir d'eau de hauteur fixe, comme c'est l'usage le plus courant, passant de 0,4 à 0,7 en coefficient de Nash (sur 1). Pouvoir mieux modéliser les régimes hydrologiques de ces cours d'eau sahéliens, semi-arides, est très important dans la perspective de simulation des régimes hydrologiques qui résulteront des conditions climatiques futures, telles que prédites par les modèles climatiques. Il faut noter que ce genre d'étude nécessite en préalable la disponibilité de nombreuses données : longues chroniques de débits, de pluies et autres données météorologiques permettant le calcul de l'ETP, séries d'images de moyenne à haute résolution couvrant l'ensemble du bassin versant à plusieurs époques (utilisation des images depuis les années 1970), données démographiques. Il a été montré par ailleurs que dans cet environnement la qualité des simulations hydrologiques dépend de la qualité et du nombre de données climatologiques utilisées, et nécessite une bonne collaboration pluri-disciplinaire.

### **APPORT DE LA TÉLÉDETECTION ET DES SYSTÈMES D'INFORMATIONS GÉOGRAPHIQUES POUR LA CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION HYDRIQUE AUTOUR DU BARRAGE HASSAN PREMIER, AZILAL - MAROC**

**Maimouni Soufiane<sup>1</sup>, El Harti Abderrazak<sup>1</sup>, Bannari Abderrazak<sup>2</sup> et Bachaoui El Mostafa<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Télédétection et des SIG appliqués aux Géosciences et à l'Environnement, B.P. 523, 23000, Faculté des Sciences et Techniques, Béni-Mellal, Maroc.

<sup>2</sup>Laboratoire de télédétection et de géomatique de l'environnement, Département de géographie, Université d'Ottawa, 60, rue de l'Université, Ottawa (Ontario), Canada

Email: [maimouni\\_s@yahoo.fr](mailto:maimouni_s@yahoo.fr)

Le Maroc vit actuellement l'épisode sec le plus long de son histoire contemporaine, caractérisé par une diminution des précipitations et une tendance nette à la hausse des températures (L. Stour, A. Agoumi, 2009). Ces conditions climatiques limitent la croissance de la couverture végétale dans les régions montagneuses du Haut Atlas marocain (S.Hammi et al., 2007). Cette situation en conjonction avec l'action anthropique conduit à une dégradation des sols par l'érosion hydrique. Cette dernière menace l'ensemble du territoire marocain et se considère comme un problème environnemental majeur dans les régions arides et semi-arides. Au Maroc, l'érosion hydrique est à l'origine de dégradations spécifiques élevées des sols qui dépassent 2000 t/km<sup>2</sup>/an dans les versants rifains, et se situent entre 1000 et 2000 t/km<sup>2</sup>/an dans la zone pré-rifaine et entre 500 à 1000 t/km<sup>2</sup>/an dans le Moyen et le Haut Atlas. En plus de la dégradation des sols, l'érosion hydrique entraîne la dégradation de la qualité de l'eau et l'envasement des infrastructures hydrauliques (D. Ben Ali, 2000). En effet, au Maroc plus de 50 millions de m<sup>3</sup> de sédiments sont déposés chaque année dans les retenues des barrages, correspondant à une perte en eau équivalente au volume nécessaire à l'irrigation de 5000 ha (MAEF, 2001). Face à cette situation, la gestion conservatoire des ressources naturelles, les sols et les eaux, constitue la base de tout programme de développement durable. Afin de planifier convenablement les actions d'aménagement à entreprendre et de protéger en priorité les zones à grand risque vis-à-vis de l'érosion hydrique, il est impératif de faire une cartographie de ces zones.

Ce travail présente la cartographie des zones exposées à l'érosion hydrique en zone montagneuse autour du lac du barrage Hassan-I dans le Haut Atlas marocain. L'approche adoptée consiste en l'analyse des paramètres topographiques et hydrologiques, de la végétation et de la lithologie pour la délimitation des zones à risque d'érosion hydrique, en utilisant les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) et la télédétection spatiale. Les paramètres topographiques et hydrologiques,

qui sont respectivement les courbures de la pente (horizontales et verticales) et l'indice d'énergie de l'eau, dérivés d'un modèle numérique d'altitude (MNA), ont permis de mieux rehausser les aires sujettes à une forte agressivité de ruissellement (potentiel érosif). L'action érosive de terrain ne dépend pas seulement de sa configuration géomorphologique exprimée par les paramètres topographiques et hydrologiques, mais elle dépend aussi de la nature lithologique et de la couverture végétale. L'image satellite acquise par le capteur ALI (Advanced Land Imager) a été utilisée pour quantifier la végétation et produire la carte des unités lithologiques. L'analyse multicritères des paramètres dérivés du MNA et des informations extraites de l'image ALI, a permis de cartographier les aires les plus exposées aux risques d'érosion hydrique nécessitant la mise en œuvre de moyens de conservation adéquate. La validation de la carte de risques obtenue par rapport à la réalité de terrain montre que l'approche utilisée présente un grand potentiel pour la cartographie des risques d'érosion hydrique.

### RECESSION SUBREGIMES OF KARSTIC SPRINGS DISCHARGE AND THEIR MANIFESTATION IN OXYGEN ISOTOPES CONTENT

Malík Peter<sup>1</sup>, Michalko Juraj<sup>1</sup> and Švasta Jaromír<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Geological Institute of Dionýz Štúr, Mlynská dolina 1 Bratislava, Slovakia

Email: [peter.malik@geology.sk](mailto:peter.malik@geology.sk), [juraj.michalko@geology.sk](mailto:juraj.michalko@geology.sk), [jaromir.svasta@geology.sk](mailto:jaromir.svasta@geology.sk)

Forested hills of the Brezovské Karpaty Mts. (max. 585 m a.s.l. of altitude), neighbouring the northern – Slovakian – part of the Vienna Basin, are built mainly by karstified Middle and Upper Triassic dolomites and limestones. In the period of 1987–1989, groundwater quality of four karstic springs was monitored in 20-days intervals including sampling for  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) oxygen isotopes. Temporal stability of chemical components contents in groundwater was evaluated as very stable during the whole observation period, as only small deviations were observed in chemical macrocomponents' contents. On the contrary, spring discharges showed typical karstic behaviour (steep peaks during the snow-melting period, very low discharges during summer and autumn droughts). Also analyses of springs' recession curves had revealed presence of several subregimes, including turbulent ones. Within this study, various stages of the spring's recession curve - flatter parts for groundwater draining small fissures, steeper parts for groundwater circulating in more opened fissures or karst conduits were described by superposition of series of equations. Subsequently, proportional amounts of different discharging subregimes were calculated. Groundwater, discharging at individual springs, was considered as a mixture of various groundwater types; maybe originated as different subregimes, each of which can be characterised e.g. by  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) values. Proportional representation of individual subregimes discharge on the total discharge leads to both  $\delta^{18}\text{O}$  and groundwater temperature forecast for pure subregime – in the case of e.g. the Vítek spring, the water outflowing in 2nd laminar subregime seems to be both more depleted in  $\delta^{18}\text{O}$  (-11.65 %), and colder in temperature values (9.66 °C), in comparison to the 1st laminar "baseflow" (-11.28 % / 10.27 °C). Data calculated for turbulent subregimes seem to be unrealistically exaggerated in calculated water temperatures, but maybe suggest on contact with the uppermost part of the aquifer affected by sun radiation. Obtained results are based only on sparsely populated datasets and manual discharge records, but seem to represent a perspective method for future interpretations. In the future, also groundwater chemical properties can be processed in the same way.

**Keywords:** groundwater, oxygen isotopes, hydrograph analyses, recession curves, Brezovské Karpaty Mts., Slovakia

## **POLLUTION VULNERABILITY OF MESOZOIC KARST AQUIFERS IN BURGOS PROVINCE (SPAIN)**

**Marcos L.A.<sup>1</sup>, Louajdi L.<sup>1</sup>, Castaño S.<sup>2</sup>, Vázquez M.<sup>1</sup> and Contreras M.J.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Burgos. Dpto. Química. Escuela Politécnica Superior. Av. Cantabria, s/n, 09006-Burgos, Spain.

<sup>2</sup>Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/ Ríos Rosas 23, 28003-Madrid, Spain

<sup>3</sup>Ayuntamiento de Burgos. Laboratorio Municipal. c/ Juan Bravo s/n, 09006-Burgos, Spain

Email: [gplamn@ubu.es](mailto:gplamn@ubu.es), [s.castano@igme.es](mailto:s.castano@igme.es)

This study presents a methodological approach for the assessment of vulnerability to chemical contamination of karst aquifers of Mesozoic age, located in Tierra de Lara (West of the Sierra de la Demanda, northeast of the Douro river basin) in the province of Burgos (Castilla y Leon, Spain). There are very different methodologies to assess vulnerability to contamination of an aquifer. The vulnerability of karst aquifers to contamination, both chemical and microbiological, is extreme, especially in high rainfall and a strong growth of the net movement of groundwater. Methods for determining the vulnerability to contamination of aquifers used different techniques, which are grouped into hydrogeologic methods, parametric or model-based simulation. The methods used are the COP, the PI, the EPIK, the disc, the dramatic, and the SINTACS GOD.

In this project we propose to use both methods COP (developed for carbonate aquifers in Mediterranean climatic conditions), the EPIK method (the most widely used internationally to karst aquifers) and the DRASTIC method, but that is mainly oriented with porous aquifers intergranular, is the most used by the scientific and technical community. The results are presented in the form of thematic maps using a system Geographic information (GIS) in order to identify areas of greater or lesser Susceptibility to contamination. It also identifies areas of highest risk of pollution from agriculture.

Hydrogeochemistry and Isotopes of Mesozoic Karst Aquifers are also studied, and different hydrochemistry zones are showed in relation to groundwater flow, recharge and discharge areas.

**Keywords:** Karst aquifers, pollution vulnerability, hydrogeochemistry

## **WATER RESOURCES MANAGEMENT AND PRECISION IRRIGATION IN THE JORDAN VALLEY-PALESTINE, STUDY CASE: CUCUMBER**

**Marei Amer<sup>1</sup>, Shakarnah M.<sup>1</sup>, Tamimi A.<sup>2</sup> and Ghanem M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Al Quds University, East Jerusalem, P O. Box 20002/West Bank Palestine

<sup>2</sup>PHG, Ramallah

Email: [marei.amer@gmail.com](mailto:marei.amer@gmail.com)

Agricultural sector in the west Bank consume about 65% of the available water, and reach 85% in the Jordan valley. Growing vegetables (mainly tomato, cucumber,) under green houses are major water consumers, so precision irrigation is important for management water resources. Water scarcity and deterioration of water quality are big concern facing the development of this sector. Farmer's irrigation practices are additional challenges facing the water sector.

Crop water requirement for cucumber in greenhouse was investigated in Jericho area. The actual water requirement for cucumber was estimated by using the FOA procedure which depends on the equation:  $E_{tc} = K_c * E_{to}$ , where  $K_c$  is the adjusted crop coefficient for cucumber in greenhouses and  $E_{to}$  is the daily reference evapotranspiration. The  $E_{tc}$ -values are used after according to the average daily values of  $E_{to}$  (December, January, February and march months) for the last five years. The experiment designed to construct five treatments consist of three replicates distributed randomly. Four of them controlled by measured water quantity delivered to each treatment. The 5th one was used as

control treatment through delivered water by farmer method. Drip irrigation technique was applied. The greenhouse environment was investigated to support the crop cultivation, water delivered for each treatments measured by using water flow-meter. The cucumber product was weighted in each harvest case. The water use efficiency was calculated and compared the production of treatments with water consumed. The results of this experiment show that the actual water volume consumed by all treatments is less than those recommended by the Jericho agricultural department. Through precession irrigation it is possible to expand the cucumber cultivated area and save 35% of the consumed water (100 m<sup>3</sup>/donum.growing one growing period) without influencing the production yield.

## THE CHALLENGES FOR THE PUBLIC PARTICIPATION IN JAPANESE WATER MANAGEMENT

**Matsuoka Katsumi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Iwate University, Japan

Email: [katsumi@iwate-u.ac.jp](mailto:katsumi@iwate-u.ac.jp)

Over the past the past two decades, international society has become more aware of the importance of public participation in the field of water law and management. The notion of participatory approach has gained its place in various instruments such as international declarations, statements, and treaties, and then incorporated into national legislation.

The principle of public participation is a factor of sustainable development, an element of integrated water resource management, a guide of effective water governance, and a symbol of environmental justice. The involvement of all stakeholders in the planning process of large infrastructure projects like dams has the advantage of enabling them to contribute ideas to maximize the benefit of such projects, while considering alternatives for financial and economic performance. We may also make use of it as a standard for evaluating how far democratic process is achieved in water management.

In Japan, the River Law was enacted in 1964, which was replaced by the old River Law of 1867. Since then, the River Law has constituted the most important legal framework in river and water resources management. In line with socioeconomic progress, the River Law has contributed as a means to implement water policies: flood control and damage mitigation, river works, water resources development, water use permission system, and especially highly centralized administrative system.

In 1997, the River Law was amended in order to meet the needs of the time. Conservation of the fluvial environment was clearly ranked as one of the purposes of the Law. Public participation was provided to meet the needs of rebuilding relationship between the river and local community.

Responding with the legislative introduction of public participation, several river basin committees newly set up by the government, has tried to implement the public participation in river basin management. The model and process of every committee differs depending on regional situations. However, for the full implementation of the public participation, there still remain challenges to be overcome.

On the other side, some local governors have started to speak against big dam project being made by old top-down decisions of the government. This is something unusual in a prefecture being used to following the government policy. This is partly a result of the current economic crisis which constrains regional governments' budgets, a huge cost of national public works projects being required for the regional governments. But it shows a greater demand between grassroots for openness in water management policy made by the central government, as the governors' uprising was backed up local environmentalist groups, farmers, fishermen and local community.

The proposed paper will describe the development of Japanese water management in context of socioeconomic progress, explore the nature of public participation as expressed in the River Law, discuss the challenges of its implementation and suggest a way forward.



## CARACTÉRISATION DE LA POLLUTION SALINE DES EAUX SOUTERRAINES DU SAHEL CÔTIER DE L'HAOUZIA, RÉGION DES DOUKKALA (MAROC OCCIDENTAL)

**Mdiker Nabil<sup>1</sup>, El Achheb Abderrahim<sup>1</sup>, Younsi Abdelkader<sup>1</sup>, El Maliki Soufiane<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géologie, Laboratoire de Géosciences et Techniques de l'Environnement, Faculté des Sciences El Jadida, Université chouaïb doukkali, BP 20, 24000, El Jadida. Maroc

Email: [mdikernabil@yahoo.fr](mailto:mdikernabil@yahoo.fr)

La région étudiée fait partie d'une série de plaines subatlantiques de la Meseta côtière marocaine. Elle constitue ce qu'on appelle le Sahel de l'Haouzia compris entre la ville d'El Jadida au Sud Ouest, Azemmour au Nord Est et l'Océan atlantique au Nord et à l'Ouest. Elle s'étend sur une superficie de 370 km<sup>2</sup>.

Le Sahel de l'Haouzia appartient à la grande unité géologique Meseta occidentale. Il est caractérisé par une hétérogénéité des formations géologiques, du primaire jusqu'au quaternaire.

Les eaux de la nappe de Sahel Haouzia présente une grande variabilité des paramètres physico-chimiques avec une minéralisation très importante dans les zones côtières.

Les cartes des différents éléments chimiques montrent que la minéralisation des eaux augmente généralement dans le sens d'écoulement pour atteindre des valeurs maximales près du littoral.

Les données statistiques montrent que les éléments chimiques responsables de cette minéralisation sont respectivement le chlorure et le sodium qui ne peuvent être que d'origine marine dans ce secteur. Les faciès chimiques des eaux, déterminé par des digrammes de Piper et Schoeller sont à dominance chloruro-sodique.

D'après la classification de Stufzand, on a pu déduire que de l'amont à l'aval l'eau passe respectivement de:

Fb-NaCl+      —————>      B-NaCl+      —————>      Bs-NaClO.

Les résultats obtenus, lors d'un suivi pendant le cycle des marées de la profondeur et de la conductivité des eaux dans un puits situé à une distance de 350m de la côte, ont montré des fluctuations de niveau d'eau dans le puits accompagné d'une variation de sa conductivité électrique.

**Mots-clés** : Sahel côtier de l'Haouzia, eaux souterraine, salinité.

## AMÉNAGEMENT ET GESTION INTÉGRÉE DES EAUX EN ALGÉRIE ORIENTALE : LE SYSTÈME DE TRANSFERT DE BÉNI HAROUN (OUED KEBIR-RHUMEL)

**Mebarki Azzedine<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Mentouri de Constantine (Algérie), Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et d'Aménagement du Territoire, Laboratoire d'Aménagement du Territoire (LAT)

Email: [mebarki\\_azzedine@yahoo.fr](mailto:mebarki_azzedine@yahoo.fr)

Les ressources en eaux de surface de l'Algérie du Nord font l'objet d'un vaste programme de mobilisation (barrages-réservoirs) et de transferts inter-bassins. Ce programme répond à un double défi : rattraper l'énorme retard accumulé en matière de mobilisation des eaux des oueds (le volume régularisé escompté devrait atteindre 5 milliards de m<sup>3</sup> à l'horizon 2020) et faire face aux fortes inégalités hydrologiques (Nord - Sud) caractérisant les bassins hydrographiques. Le transfert des eaux de l'oued Kébir-Rhumel, dans le Constantinois, est un bon exemple de système hydraulique intégré, destiné à jouer un puissant rôle d'aménagement régional. Il s'appuie sur le plus grand barrage d'Algérie (Beni Haroun : capacité de 1 milliard de m<sup>3</sup> et volume régularisé de 435 hm<sup>3</sup> par an), auquel sera connecté, dans une prochaine étape, le barrage de l'oued Boussiaba (affluent du Kébir). Erigé dans la région bien arrosée du Tell oriental, cet aménagement permet de transférer un volume total annuel de 504 hm<sup>3</sup> pour l'alimentation en eau des centres urbains (3,3 à 4 millions d'habitants) et l'irrigation des terres (40 000 ha) de la région semi-aride des Hautes Plaines. La topographie difficile

de la région et l'ampleur du projet imposent la mise en place d'un dispositif hydraulique complexe : une gigantesque station de pompage (180 MW), 3 barrages de régulation et plus de 600 km de conduites de transfert et d'adduction. Aussi, la préservation de la ressource aménagée doit-elle passer par la mise en œuvre d'un schéma de protection cohérent (stations d'épuration). L'objectif de rentabilisation de ce système interconnecté et d'envergure régionale, exige, par ailleurs, un modèle performant dédié à la gestion dynamique des réserves.

**Mots-clés** : eau de surface, barrage, transfert hydraulique, gestion intégrée, Beni Haroun, Algérie orientale.

### **UTILISATION DES PLANTES AQUATIQUES ENRACINÉES POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉES: CAS DU ROSEAU**

**Meliani H.A.<sup>1</sup>, Mederbel K.<sup>1</sup> et Benslimane M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique (LR SBG), Institut de biologie, centre universitaire de Mascara  
Email: [melianihadjahmed\\_s@yahoo.fr](mailto:melianihadjahmed_s@yahoo.fr)

L'environnement reste une préoccupation majeure qui s'intègre aujourd'hui dans chaque projet territorial. La préservation de notre milieu naturel, dont l'eau est sans doute l'élément primordial, entraîne le développement de nombreuses techniques afin de répondre à cet objectif. Le domaine du traitement des eaux usées n'échappe pas à ce phénomène. Malheureusement, l'installation et le fonctionnement des systèmes d'assainissement qui sont dans la plupart des cas de type conventionnel (boues activées, lagunages naturelle et/ou aérée, etc), exigent une main d'œuvre qualifiée, des coûts élevés et une consommation considérable en énergie. De plus, ces systèmes subissent des pannes régulières, ce qui les rend difficilement exploitables, surtout pour les petites et moyennes agglomérations rurales. L'expérience algérienne dans le domaine du traitement des eaux usées nous a fait un certain nombre de constats dont l'obligation est de proposer des filières de traitement alternatif aux filières classiques. Pour cette raison, il est absolument nécessaire, de points de vue écologique, économique et social, de favoriser le développement, la mise à l'essai et la diffusion de nouvelles techniques d'assainissement. C'est pourquoi l'utilisation des systèmes recourant aux plantes aquatiques, se présente de nos jours comme une alternative intéressante aux systèmes conventionnels telle la technique des filtres plantés de macrophytes. Les bons rendements épuratoires et la qualité satisfaisante du rejet confortent notre appréciation positive de cette filière, dont notre but est d'apporter une information suffisante aux décideurs, afin que les meilleurs choix soient faits en tenant compte de la particularité de chaque situation.

**Mots-clés** : environnement, eaux usées, technique alternative, plantes aquatiques

### **CONTRIBUTION DES MNT ET SIG POUR L'ÉTUDE HYDROLOGIQUE D'UN BASSIN VERSANT**

**Mendas Abdelkader<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centre National des Techniques Spatiales. BP 13, Arzew 31200, Oran, Algérie  
Email: [mendask@yahoo.fr](mailto:mendask@yahoo.fr)

La détermination des caractéristiques physiques et hydrologiques d'un bassin versant constitue une tâche impérative pour toute étude hydrologique. Cette dernière fait appel généralement à un modèle hydrologique dont le fonctionnement nécessite un thésaurus de données et d'informations.

Actuellement, plusieurs produits tels que le Modèle Numérique de Terrain (MNT) sont disponibles et constituent des éléments très importants dans les applications hydrologiques.

Les SIG jouent un rôle prépondérant en tant que support de l'information géographique et outil de gestion des données géographiques et thématiques avec des capacités de visualisation et de communication. Leur rôle en hydrologie est en évolution continue puisqu'ils peuvent exploiter les MNT et sont de plus en plus développés dans l'optique de la modélisation hydrologique qui intègre des modèles de simulation.

L'objectif principal de cette étude est d'exploiter un mnt issu de données srtm, gratuitement disponible pour des études hydrologiques. ce travail servira également de test d'évaluation des potentialités d'un outil hydrologique géospatial intégré dans un sig.

il s'agit au premier lieu de délimiter le bassin versant puis de déterminer les différents paramètres nécessaires à la mise en exécution d'un modèle hydrologique.

Pour ce faire, un MNT de type SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) a été exploité. Il s'agissait de délimiter le bassin versant et ses sous bassins, d'extraire le réseau hydrographique et les caractéristiques physiques (concernant le bassin versant, les sous bassins versants et les cours d'eau) et d'estimer quelques autres paramètres hydrologiques. Pour aboutir aux résultats escomptés, nous avons utilisé le logiciel SIG ArcView 3.2 d'ESRI, l'outil géospatial HEC-GeoHMS sous forme d'extension d'ArcView 3.2 pour l'extraction des différents paramètres et un modèle hydrologique pour valider la base de données obtenue.

Une banque de données contenant les résultats obtenus et la schématisation du bassin versant étudié (bassin versant de la macta situé dans l'ouest algérien) vont servir de base pour l'application du modèle hydrologique.

**Mots-clés** : hydrologie, SIG, MNT, bassin versant, réseau hydrographique, outil hydrologique géospatial.

### ÉTUDE DES FOGGARA DANS LES RÉGIONS DE BÉCHAR (BENIS ABBES- LAHMAR -KERZAZ- TAGHIT)

**Merabet Abbes<sup>1</sup>, Makhlouf Mohammed<sup>2</sup> et Bouannani Abderezzak<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université d'Abou Bakr Belkaid Tlemcen Faculté des sciences de l'ingénieur

<sup>2</sup>Université de Djilali Liabes Sidi Bel Abbés Faculté des Sciences de l'Ingénieur

<sup>3</sup>Université d'Abou Bakr Belkaid Tlemcen Faculté des sciences de l'ingénieur (Laboratoire de Matériaux, Géotechnique et Environnement (LMGE))

Email: [merabet.abbes@yahoo.fr](mailto:merabet.abbes@yahoo.fr)

Les oasis du Bechar font à l'heure actuelle l'objet d'un ambitieux programme de modernisation des équipements d'irrigation et de drainage dans le but d'assurer leur durabilité, notamment sur le plan de la salinité, et afin d'économiser l'eau. La région de la Saoura s'allonge suivant un grand axe nord - sud, suivant la vallée de la Saoura. Le secteur d'étude est situé dans une zone saharienne aride. Le climat de la région est intégralement aride. La pluviosité annuelle faible irrégulière et violente ; le moyen annuel en général est inférieure à 40 mm.

Les eaux de la vallée de la Saoura présentent en général une minéralisation assez importante, due au lessivage des formations argileuses, marneuses et gypsifères. L'ingénieux système des foggaras a permis jusqu'au aujourd'hui une bonne mobilisation de la ressource régulatrice des ressources en eau. On peut regarder l'avenir sous un point de vue optimiste, à condition qu'on assure une bonne gestion disponible de tous leurs états.

Les palmeraies de la vallée de la Saoura, ont longtemps été des agro - systèmes en équilibre. Aujourd'hui, elles risquent de disparaître sous l'action de l'homme. Actuellement, la vallée de la Saoura constitue un exemple de désertification d'un écosystème d'autant plus fragile qu'il se situe au sein même du grand désert saharien.

**Mots-clés** : Foggara, vallée SAOURA, Oasis

## LA PROTECTION DE LA NAPPE DE MITIDJA (ALGÉRIE) CONTRE LES EAUX SAUMÂTRES PAR LA RECHARGE ARTIFICIELLE

**Merabet Abbas<sup>1</sup>, Makhlouf Mohammed<sup>2</sup> et Bouannani Abderezzak<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Université d'Abou Bakr Belkaid Tlemcen Faculté des sciences de l'ingénieur

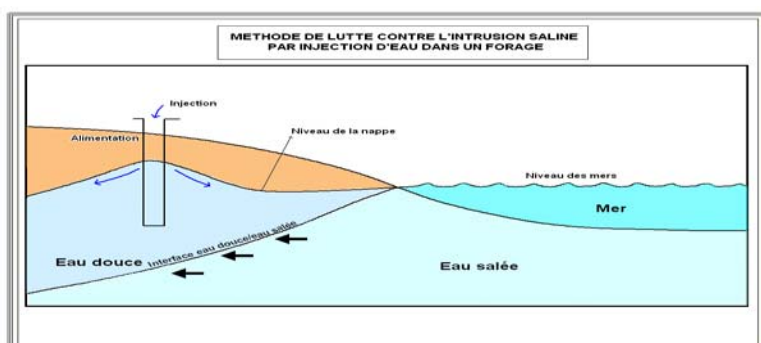
<sup>2</sup>Université de Djilali Liabes Sidi Bel Abbés Faculté des Sciences de l'Ingénieur

<sup>3</sup>Université d'Abou Bakr Belkaid Tlemcen Faculté des sciences de l'ingénieur (Laboratoire de Matériaux, Géotechnique et Environnement (LMGE))

Email: [merabet.abbes@yahoo.fr](mailto:merabet.abbes@yahoo.fr),

La Mitidja à l'instar d'autres nappes n'est pas la seule dans ce cas en Algérie ni même au monde puisque nos deux voisins (Maroc et Tunisie), l'Espagne en Europe, beaucoup de pays arabe et même les USA sont concernés par le même phénomène. Il est temps de lutter contre ce phénomène qui ne cesse de se répandre sur des centaines de mètres à l'intérieur des terres, mais il faudra surtout modéliser son évolution pour mieux le gérer.

La lutte contre cette intrusion est dans son ensemble un processus très délicat et lent à mettre en oeuvre, qui demande la mise en place de moyens importants surtout quand nous savons qu'actuellement plus de 180 l/s est soutiré de la nappe au niveau de la baie d'Alger. Le principe de l'opération consiste à rétablir l'équilibre hydrostatique qui a été rompu entre les deux fluides, par injection d'eau douce dans la nappe.



La recharge artificielle de la nappe de la Mitidja s'avère l'unique recours contre cette invasion mais cette opération nécessite une connaissance détaillée et approfondie de l'aquifère car le choix de la technique à adopter se fait sur la base de considération hydrogéologique.

Pour solutionner ce problème, en premier lieu, il faudra limiter l'exploitation des forages existants et interdire la réalisation de nouveaux forages dans la région. Avec le temps, cette restriction permettra de reconstituer le niveau de la nappe

En théorie le remède contre l'invasion saline est simple puisqu'il faut essayer de rétablir l'équilibre rompu par la recharge artificielle aux abords amont de l'interface eau douce/eau salée.

**Mots-clés :** Intrusion marine, Recharge Artificielle, Nappe de la Mitidja.

## **FAUNE AQUATIQUE ET QUALITÉ DE L'EAU DANS LES PUIITS ET SOURCES DE LA RÉGION D'OUM-EL-BOUAGHI (NORD-EST-ALGÉRIEN)**

**Merzoug D.<sup>1</sup>, Khiari A.<sup>1</sup>, Aït Boughrou A.<sup>2</sup> et Boutin CL.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire "Ressources naturelles et Aménagement des milieux sensibles, Université Larbi Ben M'hidi d'Oum-El-Bouaghi, (Algérie).

<sup>2</sup>Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Département de Biologie, Laboratoire d'Hydrobiologie, Écotoxicologie et Assainissement, BP 2390, Boulevard Prince Moulay Abdellah, Marrakech, Maroc

<sup>3</sup>Université Paul Sabatier, UMR CNRS-UPS-INP n° 5245, : Laboratoire d'Écologie Fonctionnelle (ÉCOLAB) Équipe Stygobiologie, 39 Allées Jules Guesde, F-31400 Toulouse, France.

Email: [merzmoi@yahoo.fr](mailto:merzmoi@yahoo.fr)

Les principaux paramètres physico-chimiques de la qualité de l'eau ont été mesurés périodiquement dans 16 puits et 2 sources. La mise en évidence de la variation spatiale des descripteurs physico-chimiques, dans l'ensemble des stations, à partir des relevés effectués à des dates différentes, a nécessité le recours à l'analyse en composantes principales (ACP). Les analyses physico-chimiques de l'eau révèlent quatre groupes très inégaux de stations, un premier groupe de 11 puits situées à l'aval, hydraulique de la zone d'étude où l'eau montre des taux élevés d'ions azotés et phosphorés indicateurs de pollution, à l'opposé un autre groupe de 5 puits, situés à l'amont, dont l'eau présente des teneurs faibles en substances azotées et en ions phosphorés, donc des stations où l'eau est peu ou pas polluée, les deux autres groupes, bien individualisés correspondent chacun à une source dont l'eau est relativement de bonne qualité. L'objectif étant de préciser la nature et l'importance des relations pouvant exister entre la diversité de la faune aquatique et la qualité de l'eau, les stations ont été choisies en raison de leur intérêt stygobiologique et parce qu'elles présentaient entre elles certaines différences (profondeur, nature du substratum, protection et utilisation). La faune aquatique de ces puits et sources a également été échantillonnée périodiquement. La richesse faunistique globale des stations est faiblement corrélée avec la qualité de l'eau, mais en revanche la richesse spécifique de la faune stygobie et plus encore l'abondance de ces espèces stygobies, diminuent de façon significative avec la pollution. La faune stygobie qui vit dans la nappe phréatique (particulièrement le groupe des Crustacés péracarides), apparaît donc ainsi comme un très bon indicateur de la qualité de l'eau des puits et des sources. Quelques unes de ses particularités taxonomiques sont aussi discutées.

**Mots-clés** : Biodiversité, puits, faune stygobie, qualité des eaux souterraines, espèces indicatrices

## **UN MODÈLE DE DÉVELOPPEMENT DURABLE : LA GESTION INTÉGRÉE DE L'EAU DANS UNE RÉGION HYPERARIDE, CAS DE L'OASIS BÉNI ABBÈS (VALLÉE DE LA SAOURA, SUD OUEST ALGÉRIEN)**

**Merzougui Touhami<sup>1,3</sup>, Mekkaoui Abedrehmene<sup>2</sup>, Kabor Abdesslam<sup>2</sup>, Bouanani Abderezak<sup>3</sup>,  
Hamidi Mansor<sup>4</sup> et Kaddoum Okkacha<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Agence nationale des ressources hydraulique, secteur Bechar. BP 63 Hai El Feth 08018 Bechar

<sup>2</sup>Institut d'Architecture, de Génie civil, et d'Hydraulique, B.P. 417, Université de Bechar, Algérie,

<sup>3</sup>Faculté des Sciences, , BP. 119, Université de Tlemcen, Tlemcen, Algérie

<sup>4</sup>Faculté des Sciences de la Terre, de Géographie et de l'Aménagement du Territoire (U.Oran)

Email: [touhamime@yahoo.fr](mailto:touhamime@yahoo.fr)

En zones arides et hyper arides eaux souterraines représentent l'unique ressource d'approvisionnement d'eau et en particulièrement pour l'oasis de Béni Abbès. A travers le bilan hydrique, on constate que les perspectives sont alarmantes et les exigences des usagers ne cessent

d'augmente soit pour la ville et la palmeraie. Le problème de salinité des eaux souterraine causé par des plusieurs facteurs humains et naturels, engendrant des sérieux problèmes d'irrigation. Le présent modèle de gestion intégrée des eaux conduit à établir un schéma de gestion des eaux, basé sur l'avantage d'aménager les réseaux de distribution de l'alimentation en eau potable, d'améliore le système d'irrigation traditionnel et de réutiliser après le traitement des eaux usées pour des fin d'irrigation. Ce modèle doit être mise en œuvre et constitue une base essentielle pour une gestion efficace de l'eau dans les régions arides et hyperarides et il permet prendre conscience de la nécessité de gérer et préserver la ressource en eau souterraine de façon à concilier un développement socio-économique et une préservation des milieux aquatiques et à équilibrer les différents usages pour garantir un développement durable.

**Mots-clés :** Modèle de développement, Zone aride, eau souterraine, Oasis, la Saoura Béni Abbes, gestion de l'eau, Palmeraie.

### UTILISATION DE L'ELECTROCOAGULATION-ELECTROFLOTTATION POUR LE TRAITEMENT D'UN EFFLUENT DE TEXTILE

**Merzouk B.<sup>1</sup>, Gourich B.<sup>2</sup>, Madani K.<sup>3</sup>, Sekki A.<sup>4</sup>, Leclerc J.-P.<sup>5</sup> et Lapicque F.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Département Hydraulique, Université Mohamed Boudiaf de M'sila, Algérie

<sup>2</sup>Laboratoire de Génie des Procédés, E. S. T. de Casablanca, Maroc

<sup>3</sup>Département de Biologie, Université A - Mira de Béjaïa, Algérie

<sup>4</sup>Département de Génie des Procédés, Université Ferhat Abbas de Sétif, Algérie

<sup>5</sup>Laboratoire des Sciences du Génie Chimique, CNRS - Nancy Université, BP 20451, F-54001 Nancy, France

Email: [mbelkov@yahoo.fr](mailto:mbelkov@yahoo.fr)

Le procédé d'électrocoagulation-électroflottation consiste à produire, in situ, des ions métalliques par la dissolution électrochimique d'électrodes sous l'effet d'un courant électrique. Les cations métalliques, produits permettant, dans une première étape, la coagulation et, dans un second temps, la floculation des particules polluantes. La séparation de la masse aqueuse est réalisée par flottation ou par décantation. Les électrodes sont généralement en alliages d'aluminium ou de fer.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence des paramètres de fonctionnement de la technique d'EC-EF, tels que, la densité de courant, le pH et la conductivité sur l'élimination d'un colorant rouge (red dye) utilisé dans l'industrie de textile.

D'après les résultats obtenus, il apparaît que l'influence de la densité de courant sur l'abattement de la turbidité, la couleur et la DCO est très significative. Un taux d'abattement de l'ordre de 77.25 % pour la turbidité, 86.55 % pour la couleur et 78.5 % pour la DCO a été observé, lorsque la concentration initiale du colorant  $C_0 = 100$  mg/L, la densité de courant  $j = 150$  A/m<sup>2</sup>, la conductivité  $\kappa = 3.56$  mS/cm, le débit  $Q = 0.15$  L/min, le temps de traitement  $t = 40$  min et le pH initial = 7.65. A la fin, un modèle, exprimant la réduction de la DCO en fonction de la consommation en aluminium, a été proposé et traduit d'une manière satisfaisante les résultats obtenus expérimentalement.

**Mots-clés :** Electrocoagulation-Electroflottation (EC-EF), Couleur, Turbidité, DCO, Red dye, Effluent industriel, Modélisation.

## DESIGN AND DEVELOPEMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR INTEGRATED MANAGEMENT OF WATER RESOURCES IN THE CATCHMENT AREA OF TAHADDART – NORTH OF MORROCO

**Mharzi Alaoui H., Khattabi A., Ezzahiri M., Antonelli M., Laghi M. and Masson E.**

Email: [alaoui.net@hotmail.fr](mailto:alaoui.net@hotmail.fr)

In a world turned upside down because of climate changes, integrated water management has become not just a goal but an essential necessity for its urgency. Since it is an approach that involves the integration of institutional questions such as the environmental ones, the scientific, social and economic ones, its adoption is important in making the adaptation to the hydrological effects of the Climate Change easier, especially in countries exposed to high water stress. That is why in most of these countries, the integrated management of water resources is the main issue of water policy. In Morocco, for example, the integrated management of water resources became one of the government's concerns since the first crisis, and this latter were a result of growth in demand and the successive years of drought especially during the years 80 and 85. But in this country, Water resources management is based on "informed" decision making, where information is in three dimensions: economic, social and environmental. So, the country must identify "indicators" for sustainability. Such identification requires the use of Decision Support Systems (DSS) comprising the integrated tools of databases, web mapping and GIS. The success of DSS applications is closely related to the quantity and quality of available information on economic, social and environmental aspects of water resources. In that regard, information may even be considered as an important element of sustainability. Our work intends to focus on information requirements for sound water resources management, the use of DSS, and the identification of indicators for sustainability. The basic issues discussed will further be demonstrated in the catchments area of Tahaddart. (North Morocco).

## OXYGEN ISOTOPES IN PRECIPITATION WATER AND GROUNDWATER IN SPRINGS OF THE BREZOVSKÉ KARPATY MTS. (SLOVAKIA)

**Michalko Juraj<sup>1</sup> and Malík Peter<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>State Geological Institute of Dionýz Štúr, Mlynská dolina 1, Bratislava, Slovakia.

Email: [juraj.michalko@geology.sk](mailto:juraj.michalko@geology.sk), [peter.malik@geology.sk](mailto:peter.malik@geology.sk)

Forested hills of the Brezovské Karpaty Mts. (max. 585 m a.s.l. of altitude), neighbouring the northern – Slovakian – part of the Vienna Basin, are built mainly by karstified Middle and Upper Triassic dolomites and limestones. In the period of 1987–1989, groundwater quality of four karstic springs was monitored in 20-days intervals including sampling for  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) oxygen isotopes. Temporal stability of chemical components contents in groundwater was evaluated as very stable during the whole observation period, as only small deviations were observed in chemical macrocomponents' contents. All the four monitored karstic springs seem to have similar and stable oxygen isotope composition of water (-11.15 ‰ in average, with standard deviation of 0.17 ‰), due to substantial representation (83.6 %) of the basic (1st laminar) regime on total discharge. This is, however, quite different from 1961–1987 measured weighted average on Vienna Höhe Warte IAEA/WMO GNIP station (-9.57 ‰), and also from weighted average of effective precipitation (-13.04 ‰), using Thornthwaite's calculation for the same period. Additional isotope fractionation processes, especially sublimation, complicate the direct link between the oxygen isotope content in precipitation and groundwater. For comparisons of isotope altitudinal effects in groundwater, merely groundwater data should be used (-0.15 ‰ / 100 m altitudinal gradient in  $\delta^{18}\text{O}$  values of the Brezovské Karpaty Mts.).

**Keywords:** groundwater, oxygen isotopes, effective precipitation, evaporation, Brezovské Karpaty Mts., Slovakia

## ISOTOPE TRACER STUDIES ON SURFACE-GROUNDWATER INTERCONNECTION ALONG THE VELIKA MORAVA CATCHMENT

Miljevic Nada<sup>1</sup>, Boreli-Zdravkovic Djulija<sup>1</sup>, Golobocanin Dusan<sup>2</sup> and Solomon Kip<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jaroslav Cerni Institute for Development of Water Resources, Jaroslava Cernog 80, 11226 Belgrade, Serbia

<sup>2</sup>Vinca Institute of Nuclear Sciences, POB 522, 11001 Belgrade, Serbia

<sup>3</sup>University of Utah, Department of Geology and Geophysics, Salt Lake City, UT 84112, SAD

Email: [emiljevi@vinca.rs](mailto:emiljevi@vinca.rs)

The Velika (Great) Morava (VM) River entirely situated in Serbia (central part of Balkan Peninsula) is the last significant right-bank tributary of the Danube before the Iron Gate. Total surface catchment area is 37,444 km<sup>2</sup>, from which the Zapadna (Western) Morava catchment area has the surface of 15,730 km<sup>2</sup>, the Juzna (Southern) Morava catchment area of 15,446 km<sup>2</sup>, and the VMR catchment area of 6,770 km<sup>2</sup>. The total length of the VM stream is currently 181.4 km. Hydrological data show that the relations of characteristics waters in its flow can be expressed through the following relations:  $Q_{min95\%} : Q_{avr} : Q_{max1\%} = 1:10:100$  [1]. Alluvial aquifer was formed in sandy-gravel sediments of large permeability (filtration coefficient order of  $10^{-3}$  m/s). Total thickness of quaternary sediments is mostly 15-20 m. On the wider VM Valley area, three types of water-bearing complex are identified: karst sources (springs), sandy sediments from a Neogene and alluvial complex. The main GW sources are located in alluvial sediments which is the focus of our investigation. The region falls in the European moderate continental climate zone with the average annual temperatures span from 10°C to 12°C in lower regions and an annual precipitation of about 600 mm. The main objectives of this investigation was to study the isotopic composition of precipitation, surface and groundwater (GW) in the region and to evaluate the hydrodynamic relationship between river and aquifer.

The major tracers of interest have been the stable isotopes of hydrogen and oxygen, and the concentrations of noble gases. Samples were collected as monthly precipitation, grab fortnightly interval river water and GW during the period 2004-2009. These samples were analyzed for a large suite of physico-chemical parameters including  $\delta^{18}O$  and  $\delta^2H$  of water. In addition abundance of the five stable noble gases (<sup>3</sup>He, <sup>20</sup>Ne, <sup>40</sup>Ar, <sup>85</sup>Kr, and <sup>129</sup>Xe) in GW was determined using diffusion sampler method. Estimated recharge temperatures for the Velika Morava river and GW were in the range from 9.0 to 16.1°C. GW dating was accomplished by helium in-growth method. Tritium/helium-3 mean groundwater age was between 0 and 4.5 years. The fitted sine wave method was used for the Velika Morava data, which compares the amplitude of seasonal variations in  $\delta^{18}O$  in precipitation and stream flow [2]. Based on the degree of damping and phase shifts of the sine curves, preliminary mean catchment residence time of 4 months was estimated.

### References

- [1] Đ. Boreli-Zdravković, M. Damjanović, State and Problems of using alluvial water in the Great Morava Valley, In *Proceedings of the Regional IWA Conference on Groundwater Management in the Danube River Basin and Other Large River Basins, Belgrade, 7–9 June 2007, pp. 201-208 (2007)*.
- [2] C. Soulsby, D. Tetzlaff, P. Rodgers, S. Dunn, S. Waldron, *Runoff processes, stream water residence times and controlling landscape characteristics in a mesoscale catchment: An initial evaluation, Journal of Hydrology 325, 197–221 (2006)*



## REVIEW OF HYDROCHEMISTRY OF GROUNDWATERS BASED ON GEOCHEMICAL CODES. CONCEPTS METHODS AND MATHEMATICAL FORMULATION

Mimides T.<sup>1</sup> and Pylarinou K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Water Resources Management, Agricultural University of Athens, 118 55 Athens,  
Greece

Email: [teom@aua.gr](mailto:teom@aua.gr); [katerpylar@aua.gr](mailto:katerpylar@aua.gr)

Multivariate Mixing and Mass balance calculation codes (M3) are advanced to trace the reaction and mixing processing in groundwaters, parallel with mass balance calculation. The groundwater composition is a result of mixing processes and water – rock interaction. Standard groundwater models based on thermodynamic laws may not be applicable in a normal temperature groundwater system, where equilibrium with many of the bedrock minerals is not reached and where biological processes seem to play an important role in the groundwater altering process. The major purpose of standard groundwater chemical codes is to describe the measured groundwater composition in terms of reactions. The constituents that cannot be described by reactions are described by mixing, possibly using a conservative tracer. The M3 models use an opposite approach compared to the standard method. In M3 models the mixing processes are evaluated and calculated first. This is possible due to the use of a multivariate technique (principal component analysis) to construct an ideal mixing model of a site. The constituents that cannot be described by mixing are described by reactions.

The M3 models consist of three parts; the first is a standard Principal Component Analysis (PCA), followed by mixing and finally mass balance calculations. In order to take into consideration as many relevant elements as possible, PCA is used to summarize and simplify the groundwater information. The M3 models compare the measured groundwater composition of each sample with known borehole – sampled waters or hypothetical extreme waters, called here simply end – members. All the measured groundwater samples at a site are compared to these end – members. The mixing calculations (i.e. mixing portions as a percentage of each selected end – member) determine how much of the observed groundwater composition is due to mixing from the selected end – member. The mass balance calculations (reported in terms of sinks/sources of groundwater constituents in mg/l or mmoles) determine how much of the measured groundwater constituents is the result of water – rock interaction. Since the calculations are relative to the selected end – members, modeling can only describe changes in terms of mixing and reactions taking place between the end- members. The results can be used to describe the groundwater characteristics both mathematically and quantitatively, rather than qualitatively as is often the case in a site description of the groundwater chemistry.

The M3 models can be used for tracing groundwater evolution, past – present dispersion and water – rock interactions. The outcome from the modeling can be reported in non- hydrochemical terms such as changes in mixing portions or in gain/ losses due to mass balance reactions. The comparison with hydrogeological models is easier since the results from the M3 models can be compared to the results from the hydrodynamic models. The effect on the groundwater composition observed from biological reactions such as organic decomposition or sulphate reduction can be traced. In groundwater chemical response modeling, such as M3 models, information concerning fracture mineralogy, thermodynamic data bases or groundwater flow directions are not included. The model concentrates solely on tracing changes in the measured groundwater composition which can be interpreted as a result of mixing and reactions.

A comparison of the M3 models accuracy making use of two frequently statistical tests, univariate and linear regression, show that the prediction error (defined as the difference between the predicted concentration and the actual concentration, divided by the actual concentration) of the M3 model calculations for water conservative constituents such as Cl and  $\delta^{18}\text{O}$  is on average three times lower

than real data. As with any groundwater models, the validity of the results must be examined carefully using expert knowledge in the areas of hydrochemistry, hydrogeology and alternative modeling.

Hydrochemical evaluation is a complex type of work, carried out by specialists. The outcome of this work is generally presented as qualitative models and process descriptions of a site. To support and help quantify the processes in an objective way, a multivariate mathematical tool named M3 has been constructed. The computer code can be used to trace the origin of the groundwater and calculate the mixing portions and mass balances even from ambiguous groundwater data. The groundwater composition used traditionally to describe the reactions taking place in the bedrock can now be used to trace the present and past groundwater flow with increased accuracy.

The M3 code is a groundwater response model, which means that the changes in the groundwater chemistry in terms of sources and sinks are traced in relation to an ideal mixing model. The complexity of the measured groundwater data determines the configuration of the ideal mixing model. Deviations or similarities with the ideal mixing model are interpreted as being due to mixing or reactions. Assumptions concerning important mineral phases altering the groundwater or uncertainties associated with thermodynamic constants do not affect the modeling because the calculations are solely based on the measured groundwater composition.

### **MODELLING THE ENVIRONMENTAL BIOGEOCHEMICAL BEHAVIOUR OF RARE – EARTH ELEMENTS IN A SOIL – PLANT SYSTEM**

**Mimides T.<sup>1</sup> and Pylarinou K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Water Resources Management, Agricultural University of Athens, 118 55 Athens, Greece,

Emails: [teom@aua.gr](mailto:teom@aua.gr), [katerpylar@aua.gr](mailto:katerpylar@aua.gr)

The uptake and translocation of Rare Earth Elements (REEs) in plants have been investigated in a wide range of soils and solutions (Brown et al, 1990) and the main conclusions are:

Soil chelates may influence the uptake of REEs

The uptake of REEs may be facilitated by decreased levels of nitrogen and potassium fertilization, and increased by addition of phosphates

The Casparian strip in plant roots limits the uptake of REEs.

Usually, the distribution of the amount of REEs in plant tissues are ranked as: roots > leaf > stem > flower > fruit (Ma et al., 1996). The distribution of REEs in plants may also be influenced by factors such as application method, type of plant tissues, and the concentration of REEs in substrates. Results of soil and solution culture experiments for application of Nd in rapeseed, indicated distribution of REEs in tissues in the order of: root > stem > leaf > (Wei et al., 1999; Wei, 2001). The distribution of REEs in plant tissues grown in REEs mining areas are in the order of: leaf > root > stem (Wang et al., 1997). The plants grown in mining areas may be more tolerant to high concentrations of REEs. The application method of REEs influences their distribution in plants. When REEs are absorbed by roots of wheat, the distribution of Nd within the plant follows the order of: root >> leaf > stem > glume > hull > grain. But the order: leaf > root > stem > glume > hull > grain occurs when REEs are supplied on the foliage. More than 90% of REEs absorbed from solution are distributed in the roots, but only 51.4% of Ce and 32.5% of Nd are distributed in roots when the elements are absorbed from the soil. The absolute majority of REEs sprayed on foliage of wheat are distributed in leaves. The amount distributed in other organs is 2%, and only 0.2% of REEs is moved to propagating organs of wheat (Zhu and Chen, 1984, 1989).

REEs can form chelated compounds, a number of compounds of plant metabolism, as for instance with proteins, nuclei acids, amino acids, nucleotide acids, etc. (Zhu and Chen, 1989; Zhong, 1994). REEs can also combine with pigments and cellulose (Zhong, 1994).

With the above references it is demonstrated that a promising research on the effects of REEs on plants and their agricultural significance is under way (Hu et al, 2004). This is because REEs can not all be considered rare in nature. Their average content in earth crust is approximately 0.015%, which matches with that of Cu, Pb and Zn, and is much higher than that of Sn, Co, Ag and Hg. More than 250 kinds of minerals containing REEs are known.

The common commercial rock phosphate, which is used for the production of phosphorous fertilizers, contain various amounts of REEs. The contents of REEs expressed in equivalent to oxide forms (REO) in rock phosphates is reported to: 0.015% in Morocco / Khourigba, 0.14% in Tunisia / Gafsa, 0.06-0.29% in USA / Florida, 0.21% in Russia / Kovdor, 0.46-0.58% in South Africa / Phalaborwa and 0.8-1.0% in Russia / Kola Peninsula (Anonymous, 1990).

The Greek Industry of Phosphate Fertilizers established at Kavala, north Greece, is importing part of its raw material, mainly phosphorites and apatites from Gafsa Tunisia, where a mole at the port of Gabes, for easy loading of its ships, has been constructed. Nowadays, it is importing 650.000 tonnes raw material, annually, from Egypt / Abu Tartur phosphates deposits. The contents of heavy metals and rare earth elements in the Greek phosphate fertilizers are expected to be Fe, Zn, Co, Cr, Cd, Ni and Pb and Sc, La, Ce, Eu, Hf, Yb and Sm correspondingly according to Abdel – Haleem et al. (2001). Many agricultural practices worldwide, has shown that the continuous growing utilization of rare earth elements (REEs) -based microfertilizers enhance the plant yields and effectively improve the quality of crops. The update systematic research into the environmental biochemical research of REEs in a soil – plant system is considered quite sufficient.

At this paper a 1 – D model for the fate and transport of REEs in a soil vertical profile was developed. The modeling approach considers the advective and dispersive transport of REEs dissolved in groundwater, which may undergo a linear adsorption.

Analytical solutions for finite and semi-finite upper boundary conditions are presented. Experimental data from literature review were employed to run the model. Results with various scenarios describe successfully the experimental results at different depths above the REE affected zone in both vegetated and unvegetated columns. Advection was the dominant mechanism near the affected zone, and advection with retardation away from the contaminated zone. Results indicated that the soil water movement impacted the transport and concentration of REEs in a soil vertical profile. The model can be used to simulate the fate of REEs associated with phytoremediation and evapotranspiration.

## **“WATER DIPLOMACY”: EFFECTING BILATERAL PARTNERSHIPS FOR THE EXPLORATION AND MOBILIZATION OF WATER RESOURCES**

**Minto-Coy Indianna D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centre for International Governance Innovation & University of Waterloo  
Political Sciences, University of Waterloo 200 University Avenue West, Waterloo, Canada  
Email: [iminto@cigionline.org](mailto:iminto@cigionline.org), [India\\_nna@hotmail.com](mailto:India_nna@hotmail.com)

In the face of economic challenges facing small developing states, they have had to find innovative and entrepreneurial ways of securing funding to develop national infrastructure and to cope in an increasingly competitive global environment. In such an environment small states continue to seek niche markets in which they can attract foreign direct investment, and identify new frontiers for conducting diplomacy.

One such way, is through the exchange of expertise and technology from the more to the less developed countries to help explore, access, store and utilise water resources in return for which the latter is able to secure funding for infrastructure and other developmental projects. Following from this, the paper examines the role of bilateral arrangements in assisting small developing states to explore and mobilize water resources. This is done through an analysis of arrangements between South Africa

and Lesotho around the area of what the paper terms “water diplomacy”. In so doing, the discussion will explore the types of partnerships which can develop between states around the management and use of water resources for mutual benefit and also, illustrate how water becomes a tradable commodity and the basis for entrepreneurial diplomatic relations between states.

### **THE OUED SERRAT: MINING ACTIVITY, GROUND WATER AND DISPERSION OF BASE METALS IN NATURAL ENVIRONMENTS, NORTH-WESTERN TUNISIA**

**Mlayah A.<sup>1</sup>, Hferreira da Silva E.<sup>2</sup>, Khadhar S.<sup>3</sup>, Lachaal F.<sup>1</sup>, Charef A.<sup>1</sup>, Noronha F.<sup>4</sup> and Ben Hamza Ch.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>CERTE, Laboratoire de Géoressources,

<sup>2</sup>GEOBIOTEC - FCT, Portugal

<sup>4</sup>Faculté des Sciences de Porto, Portugal

<sup>5</sup>Faculté des Sciences de Bizerte,

Email: [a\\_mlayah2001@yahoo.fr](mailto:a_mlayah2001@yahoo.fr)

The Kalaa Khasba-Jrissa (KK-J) plain consists of quaternary deposits, is highly vulnerable to pollutants because of the high density of hazardous sources. The main problems with respect to the anthropogenic pollution of groundwater are related to halogenic compounds, nitrates and landfill leaching. The hydrographic basin of the KK-J extends for a total area of about 400 km<sup>2</sup>. The basin of the hydrographic system is organized around the main oued (Sarrath) which is about 50 km length and is fed by many tributaries. This hydrographic basin also includes two mines: the abundant Kalaa Khasba was for phosphorus exploitation and the active Jrissa was for iron extraction. The exploitation of these mines has caused solid and liquid sewages with a relatively high heavy metals concentration (Mlayeh et al., 2006). Furthermore, the groundwater level depth is about 10 m, which implies possible underground water pollution by these elements.

¶ Indeed, agriculture which is the principal activity of the studied area is also considered as a potential water resource pollution induced by the intensive use of fertilizers products. In addition, the demographic growth has been accompanied by the implantation of small agro-alimentary industries. The discharged water from these kinds of industries and the domestic untreated wastewater can cause a significant pollution of the soil and groundwater. On the other hand, the dissolution of multitude outcrops of different lithologies affects directly the water quality.

In order to evaluate the impact of these different pollution sources on the groundwater quality, a field survey was made in the Kalla Khasba-Jrissa aquifer. This field investigation included piezometric levels measures and water sampling for physico-chemical quality. Forty wells and piezometers, well distributed in the studied aquifer were used.

The piezometric levels measures showed that the groundwater static level varied between 10 and 13 m, which implies that the thickness of the unsaturated zone was relatively important and should attenuate the dissolved heavy metals transport to groundwater. Furthermore, the groundwater flow direction is from West-Southwest to the East-Northeast. The drainage of this groundwater system is constituted by wadi Sarrath.

The groundwater quality was principally followed by the measures of nitrates, heavy metals and major cations and anions concentrations. The nitrates concentrations measures showed a relatively high values compared to the maximal allowed content in drinking water. These high concentrations were localized essentially in the intensive agricultural lands and downstream the urban zones. This observation is to be linked to the intensive fertilizers use and the domestic wastewater discharge (septic systems) downstream the cities respectively.

Concerning the heavy metals contents in the groundwater, it appears that the relatively high thickness of the vadose zone play an important role on the adsorption of these elements. In fact, all the sampled

points indicated the absence of dissolved heavy metals in water. It is important to underline that the unsaturated zone soil composition is dominated by limestone (about 45% of CaCO<sub>3</sub>) and clays, which are usually known by their high affinity to heavy metals.

The groundwater geochemical analyses showed that the water quality is directly dependent on, the type of the facies. In fact, in the upstream part of the groundwater, the water quality is dominated by calcium and bicarbonates. However, in the upstream part, the water quality became rich with sodium, sulphates and chlorides caused by the presence of important clay quantities.

**Keywords:** Mining activities, Pollution, Heavy metals, Ground water.

### **APPLICATION DE L'HYDROGÉOMORPHOLOGIE DANS LA CARTOGRAPHIE DES ZONES INONDABLES DE LA PLAINE ALLUVIALE DE SIDI BEL ABBÈS (ALGÉRIE NORD OCCIDENTALE)**

**Moueddene K.<sup>2</sup>, Hallouche B.<sup>1</sup> et Benyahia M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Direction de l'hydraulique, Sidi Bel Abbès, Algérie.

<sup>2</sup>Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université Djillali Liabès, B.P. 89, Sidi Bel Abbès, Algérie.

Email: [h\\_nadir58@yahoo.fr](mailto:h_nadir58@yahoo.fr)

Les inondations qui touchent périodiquement des localités de la plaine de Sidi Bel Abbès présentent l'une des préoccupations majeures des autorités locales. Dans cette optique, de nombreuses actions sont engagées pour faire face aux effets dévastateurs de ce phénomène généré par les crues cycliques de l'oued Mekerra et qui ne cessent de causer des dommages importants. Ces actions seront portées essentiellement sur les endiguements, le recalibrage du cours d'eau et la création de canaux de dérivations. Ainsi, pour une meilleure gestion de ce problème d'inondations, nous pensons qu'il est nécessaire de mieux comprendre le fonctionnement physique de la plaine de Sidi Bel Abbès en utilisant l'approche hydrogéomorphologique. Cette dernière a pour but d'identifier et de cartographier les zones potentiellement inondables. Les résultats ainsi obtenus par cette démarche permettent aux autorités de mieux gérer l'espace et d'orienter les différents programmes de développement en fonction de la vulnérabilité de la région à l'inondation.

### **IMPORTANCE STRATÉGIQUE DE L'EAU VIRTUELLE DES CÉRÉALES EN ALGÉRIE. CONSTAT ET PERSPECTIVES**

**Mouhouche B.<sup>1</sup> et Lani S<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup>Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA), ex INA d'Alger

Email: [b.mouhouche@ina.dz](mailto:b.mouhouche@ina.dz), [bmouhouche@yahoo.fr](mailto:bmouhouche@yahoo.fr)

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau. De part son appartenance à la zone géographique du "Middle-Est and North Africa (MENA)" et la quasi-totalité de son territoire (87%) classé en zone désertique, sa pluviométrie moyenne annuelle varie de 1600 mm dans l'extrême nord-est à 12 mm à l'extrême sud-ouest. Néanmoins, la pluviométrie moyenne du territoire, toutes zones confondues n'est que de l'ordre de 89 mm.

De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau.

En effet, avec moins de 500 m<sup>3</sup>/habitant/an d'eau renouvelable, l'Algérie dispose de moins de 50% du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m<sup>3</sup> par habitant et par an.

Afin d'assurer sa sécurité alimentaire à la fin de la prochaine décennie, il faudra mobiliser entre 15 et 20 milliards de m<sup>3</sup>/an, tout en sachant que les potentialités du pays ne sont que de 17 milliards de m<sup>3</sup>/an (ANRH, 2008) et que la mobilisation actuelle n'est que de 5 à 6 milliards de m<sup>3</sup>/an.

Conscients de l'importance du facteur eau pour une meilleure stabilité politique du pays et pour tout développement économique et social, et dans un soucis d'une meilleure maîtrise des différents aspects du manque d'eau, en général et dans le secteur de l'agriculture en particulier qui consomme environ 70% des eaux mobilisées annuellement, nous essayons de mettre un peu de lumière sur les différents aspects de « l'eau virtuelle » contenue dans les céréales qui constituent, depuis fort longtemps, le principal produit alimentaire d'importation.

Ces céréales recèlent des quantités impressionnantes d'eau silencieuse et invisible qui nous vient d'ailleurs, et qui est journellement consommée par le citoyen sans qu'il ne s'aperçoive, dans la plupart des cas, pire encore, il n'arrive pas à admettre cette idée, tellement que ces quantités sont grandes et difficiles à imaginer pour un non connaisseur, pour ne pas dire profane.

En effet, les résultats de notre étude montre que ces dernières années, chaque algérien consomme l'équivalent de plus de 1000 litres d'eau (1 m<sup>3</sup>) par jour importés et contenus dans sa ration alimentaire journalière.

De plus, nous avons confirmé que cette *eau virtuelle* a depuis fort longtemps constitué un atout pour contrecarrer les problèmes du manque d'eau qu'a connu notre pays et qu'il connaîtra, malheureusement pour longtemps, pour ne pas dire éternellement, sauf si un miracle technologique arrive à bouleverser la situation (et j'y crois vraiment beaucoup), comme par exemple l'abaissement du prix de revient du m<sup>3</sup> d'eau dessalinisée suite à une meilleure maîtrise du processus par l'utilisation d'une énergie peu coûteuse, telles que les différentes formes d'énergies renouvelables et propres dont regorge notre grand pays (énergie solaire, éolienne et géothermique).

**Mots clés** : eau virtuelle, ressources hydriques, céréales, importation de produits alimentaires.

## **SIMULATION 2D DE L'INTRUSION MARINE DANS L'AQUIFÈRE DE LA CHAOUIA CÔTIÈRE, MAROC**

**Moustadraf J.<sup>1</sup> et Amraoui F.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences Ain Chock, Km 8, Route d'El Jadida, Casablanca, Maroc

Email: [moustadrafj@yahoo.fr](mailto:moustadrafj@yahoo.fr)

Au Maroc, les aquifères côtiers sont fragilisés par des prélèvements massifs concentrés sur une courte période de l'année, avec le cumul des prélèvements destinés à l'eau potable pendant la saison touristique et les forages destinés à l'irrigation. Pour prévenir les conflits d'usage et les risques de dégradation, la mise en place d'une gestion durable de ces ressources apparaît incontournable. La compréhension des facteurs qui influent sur le processus de l'intrusion de l'eau salée au sein des aquifères côtiers est nécessaire pour bien gérer et protéger ces ressources dans leur utilisation future. Ceci nécessite au préalable une connaissance suffisante du système aquifère (géométrie, fonctionnement hydrogéologique, relations avec les autres systèmes, modalités d'exploitation,...).

L'aquifère de la Chaouia Côtière a depuis toujours constitué une ressource vitale pour le développement social et économique de la région de la Chaouia, dans la mesure où il constitue la seule ressource en eau souterraine exploitable avec des moyens économiques abordables (puits, forages et sources). Les pompages excessifs engendrent la surexploitation de cette nappe, ce qui provoque des baisses du niveau piézométrique et l'intrusion des eaux salées dans l'aquifère et par voie de conséquence l'abandon de certains puits contaminés par l'eau de mer. Malgré une diminution importante des taux de prélèvements, la situation demeure inquiétante, entre autres du fait d'un taux annuel de précipitations déficitaire.

Deux modèles à densité variable en section 2D ont été développés pour simuler la localisation de l'interface eau douce - eau salée au voisinage de la côte. L'approche par « zone de transition » a été adoptée. Le code SEAWAT 2000 a été utilisé pour simuler l'évolution spatiale et temporelle des hauteurs piézométriques ainsi que les concentrations en solutés dans l'eau souterraine. La section 1

est située dans les formations marno-calcaires du Cénomaniens alors que la section 2 est située dans les schistes altérés du Primaire.

Les différentes simulations réalisées ont montré que la partie sud-ouest (formations marno-calcaires) constitue le principal axe de l'intrusion marine, l'isoline 25 mg/l TDS est située à 1750 m de la côte à l'état d'équilibre. A l'opposé, le reste du secteur (schistes altérés) à faible conductivité hydraulique joue un rôle important dans le contrôle des mouvements de l'eau marine, la distance de l'isoline 25 mg/l TDS par rapport à la mer ne dépasse pas les 700 m. L'intensification des pompages pendant les périodes de sécheresse engendre une avancée plus importante du biseau salé dans la partie sud-ouest et par conséquent entraîne la dégradation de la qualité des eaux de la nappe.

**Mots-clés** : Chaouia Côtière, aquifère côtier, climat semi aride, sécheresse, modélisation numérique, densité variable, intrusion marine, Seawat 2000.

### **IMPACTS OF SHRIMP CULTURE ON THE SURFACE AND GROUND WATER QUALITY OF THE SOUTH-WESTERN PART OF BANGLADESH: A CASE STUDY IN THREE UPAZILAS (SUB-DISTRICTS)**

**Munirul Haque A.K.M.<sup>1</sup>, Dilara Hossain<sup>2</sup>, M. Sarwar Jahan<sup>3</sup> and Md. Abul Kalam Azad<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Local and Revenue Audit Directorate, Audit Complex (4th and 5th floors), Segun Bagicha, Dhaka – 1000, Bangladesh.

<sup>2</sup>Bangladesh Environment Lawyers Association (BELA), Bepari Para, Tangail 1900, Bangladesh.

<sup>3</sup>Institute of Environmental Science, University of Rajshahi, Rajshahi – 6205, Bangladesh.

Email: [akazad\\_ies@yahoo.com](mailto:akazad_ies@yahoo.com)

A case study was carried out to see the impacts of shrimp culture on the surface (pond) and ground water (tube-well) quality of three upazilas of Bagherhat Sadar, Rampal and Morrelganj under the Bagherhat district of the south-western coastal region of Bangladesh during the period of 2003-2005. The people of Rampal (75%), Morrelgonj (54.2%) and Bagherhat (62.5%) expressed that pond water taste was deteriorated after the introduction of shrimp culture. However, most of the people of the study area (Rampal, 91.7%, Morrelgonj, 100% and Bagherhat, 100%) opined that ground water quality was degraded due to shrimp culture. The ground water pH was found to little acidic (6.08–6.71) but the pond water was mild alkaline in nature (7.00–7.46). The electrical conductivity was higher in ground water (2.84–4.01 ds/m) compare to the pond water (0.77-3.38 ds/m). Potassium level of pond water was found to very high both in rainy (97.7-129.0 ppm) and summer (140.7-242.4 ppm) seasons, which exceeds the WHO Guideline Value (10 ppm) and Bangladesh Standard for Drinking Water (12.0 ppm). The pollution level of nitrate, boron and zinc was very low in surface and ground water in the study area.

### **LES BARRAGES COLLINAIRES DE TALIOUINE ENTRE L'ÉCHEC ET LA RÉUSSITE**

**Nadim A.<sup>1</sup>, Elmouden A.<sup>1</sup> et Ait Lhaj A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Appliquée et Geo-Environnement (LAGAGE), Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, BP.8106, Hay Dakhla, Agadir.

<sup>2</sup>Centre Régionale de la recherche Agronomique (CRR), BP .124, Inezgane, Agadir.

Email: [nasma24@gmail.com](mailto:nasma24@gmail.com)

Neuf barrages collinaires ont été étudiés dans la zone de Taliouine. Ces ouvrages ont été construits par l'ONG (Association de Migration et Développement) à la demande des habitants qui proposent leur localisation. La vocation de ces barrages est l'alimentation de la nappe alluviale, l'irrigation, l'abreuvement, la régularisation des crues et l'arrêt des écoulements hypodermiques.

Cette étude révèle que ces barrages, à défaut des études techniques préliminaires, connaissent des taux d'envasement distincts :

Envasement total par une seule crue (Barrage d'Adghigh Askawne)

Envasement total après deux années (Barrage Talate)

Envasement de 70% après 12 ans (Barrage Anighrd et barrage Lemdinte)

Envasement à moitié après six ans (Barrage Imoula)

Pas d'envasement (Barrage Imgoune)

L'analyse des causes de ces situations distinctes met en évidence la nécessité de l'étude technique avant toute construction en particulier l'étude des caractéristiques naturelles des bassins versants ainsi que des études hydro-sédimentaires des cours d'eau. Cette analyse met aussi en relief l'importance de l'aménagement des bassins versants avant la réalisation des ouvrages hydrauliques.

Scientifiquement, les barrages de Taliouine, vu leur nombre et leur diversité, constituent des meilleurs sites pour comprendre les mécanismes et les causes de l'envasement des barrages en zone aride afin de donner des recommandations pour le choix des bons sites pour les futurs projets.

**Mots-clés** : Barrage collinaire, Envasement, Bassin versant, Taliouine, Climat aride

## ÉVOLUTION DU FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DES KHETTARAS ASSÉCHÉES DU TENSIFT (RÉGION DE MARRAKECH, MAROC)

**Nahid Abderrazzak<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire : BioDEcos, Equipe : EVEP, Département : Géologie, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi-Ayyad, B.P. 2390, 40000 Marrakech (Maroc).

Email: [nahid@ucam.ac.ma](mailto:nahid@ucam.ac.ma)

Les khettaras sont des galeries drainantes captantes. Elles captent la nappe souterraine plio-quaternaire du Haouz. Grâce à ce procédé, cette nappe a été mise à contribution depuis le 12<sup>ème</sup> siècle. Actuellement, ces ouvrages sont abandonnés ou détruits à cause de la baisse du niveau de la nappe ayant induit leur tarissement. Elles se sont transformées en "rivières souterraines asséchées" dont certaines se trouvent sous le tissu urbain de Marrakech.

Quelles fonctions remplissent-elles actuellement ? Ces édifices sont ils totalement morts ? Au vu de leur nombre dans la région de Marrakech, il est légitime de s'interroger sur leur fonctionnement hydrologique et leur rôle en tant que cavités souterraines, partie intégrante du substrat de la plaine du Haouz et surtout du tissu urbain. Des missions de prospection, de suivi et de contrôle sur le terrain, ont permis de mettre en évidence l'existence d'une réactivation hydrologique temporaire du drainage le long du réseau des khettaras abandonnées.

Après abandon, ces galeries peuvent d'une part fonctionner occasionnellement comme galeries drainantes d'accumulation par infiltration des eaux de surface à travers les puits ou le substrat lors des crues suite à des pluies torrentielles. Ce phénomène est certes récurrent surtout l'hiver, il peut survenir aussi l'été lors des orages. D'autre part, certaines khettaras peuvent se transformer en galeries drainantes filtrantes par sape latérale d'oued côtoyant les puits captants. Dans ce cas, de telles galeries deviendront des khettaras d'oued. L'érosion fluviale gagne le puisard de tête et l'intègre dans le lit majeur de l'oued. Ces fonctionnements anormaux des khettaras du Haouz de Marrakech sont la manifestation de l'évolution actuelle des khettaras qui sont en "phase d'engourdissement hydrologique".

Cette évolution des khettaras, qui se déroule actuellement sous nos yeux, confirme que les ouvrages des khettaras, demeureront de "véritables fossiles vivants", et justifie la nécessité de leur prise en considération dans les projets d'aménagements pour palier aux risques liés à la réactivation du drainage le long de ces discontinuités disséminées sous le tissu urbain de la cité rouge.



## CONCEPTION D'UNE BASE DE DONNÉES POUR LA GESTION DES RESSOURCES EN EAU DANS LA PLAINE DU SOUSS AVAL CHTOUKA (MAROC)

**Naiha Saadia<sup>1</sup> et El Amrani Paaza Namira<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire d'Identification et de Modélisation de l'Environnement Naturel (LIMEN), Ecole Mohammedia des Ingénieurs, Université Mohamed V-Agdal, Avenue Ibsina, B.P. 765, Agdal-Rabat (Maroc).

<sup>2</sup>Laboratoire des Sciences de l'Environnement et du Développement, Faculté des Sciences et Techniques, Université Hassan Premier, B.P. 577, Settat-Maroc.

Email: [namira\\_elamrani@yahoo.fr](mailto:namira_elamrani@yahoo.fr)

Depuis des années, la région de Souss Chtouka a connu un important développement économique lié aux activités agricoles, maritimes et touristiques et associé à une forte expansion démographique. Ceci a engendré une exploitation intense des eaux souterraines qui nécessite d'une intervention urgente. Pour ce faire, trois étapes ont été nécessaires : (1) une compilation de données hydrologiques, hydrogéologiques, géologiques, géophysiques et physico-chimiques a été réalisée, (2) une base de données régie par un modèle relationnel a été élaborée pour l'exploitation optimale de cet ensemble de données et (3) l'élaboration d'un outil opérationnel d'aide à la décision, qui s'appuie sur la conception d'une base de données mise en relation avec un système d'information géographique facilement consultable et actualisable, nous a fourni les données et les orientations nécessaires à la gestion des ressources en eau de la nappe côtière de Souss aval Chtouka.

**Mots-clés :** Base de données, Système d'information géographique, plaine de Souss aval Chtouka, Agadir (Maroc).

## CHALLENGES IN THE INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT IN INDIA UNDER A CHANGING CLIMATE AND ENVIRONMENT

**Nair Shadananan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Nansen Environmental Research Centre – India Gopal Residency II Floor, Thottakkat Road, Kochi – 682011, Kerala, India

Email: [nair59@yahoo.com](mailto:nair59@yahoo.com)

Impacts of climate change and fast degradation of water resources are major management challenges, especially in developing countries like India with an exploding population, a weak economy and several water related social issues such as transboundary river disputes. In India, population increase is expected to stabilise at 1.5 Billion, nearly 50% more the present level only by 2050. With the current rate of depletion of water resources, even in the present water rich basins, water will become a scarce resource by that time. The principal source of water, the southwest monsoon undergoes wide spatial and interannual variations associated with global climate anomalies. Any further extremes in rainfall will have serious impact on water resources and it will be reflected in all facets of life. Increasing frequency and intensity of severe weather systems and the possible changes in sea level pose serious threat to the coastal aquifers. There are number of factors that affect the water quantity and quality in India including industrialisation, agricultural development, changing land use patterns, overuse of surface and groundwater, and after all the careless use, inefficient management and conservation practices. Rapid urbanization and urban migration not only pollute the water tremendously, but also make the water resource allocation very complex. Only 35% of the farm area is irrigated, when majority of the water runs off into the Seas unutilised. Protection and efficient and effective management of the water resources assumes utmost importance. A comprehensive assessment of the water resources in different states of India in a changing environment is made in this paper. Changing nature of the water resources - water surpluses and

deficiencies - related to changes in rainfall and temperature and changes in water availability during the last century have been assessed using the water balance models. Possible changes in water availability in near future have been estimated, based on the predicted changes in temperature and rainfall pattern, as given by climate models and also considering the rise in population. Results warn a rapid decrease in water availability in all parts of India in near future. Disputes over transboundary waters and over priorities in allocation are likely to worsen. Integrated management of water resources is important in maintaining food security and national economy. Also, it is a matter of life security of millions of poor that depend on agriculture. Though water is becoming a serious and most challenging issue in the country, measures adopted to face it are inadequate and slow. National policies and strategies for water and climate change adaptation in India are inadequate. Many of the suggestions in the policies could not be implemented due to various social, political and economic reasons. A detailed assessment of the current policies and strategies is also done in this paper. Guidelines for the better management of the water resources in a changing environment have been provided.

## **INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT IN AND AROUND ECO-CITY, TIRUPATHI, INDIA**

**Narasimharao K.L., Krishna Reddy T.V. and Pushpa Kumari V.**

Email: [kodalinarasimha@rediffmail.com](mailto:kodalinarasimha@rediffmail.com)

Water is of fundamental importance for sustainable development of any civil society. As has been rightly emphasized by President of World Water Council that increasing population, pollution of water resources and the increased need for water due to climate change constitute the three main water related-problems facing the world today, and thus water should be a greater priority. World population is expected to increase from the present about 6 billion to 8 billion by 2025, yet growth in food production slowed down over the years, because of inadequate water resources, and the world population will be facing water stress conditions (quantity- and quality-wise). Hence sustainability in water sector warrants urgent attention, since it may become a cause of conflict in future. Increased demands for water have stimulated development of groundwater resources. The challenge of ensuring sustainable management of the water resources is the collective responsibility of any government and the civil society.

Eco-City, Tirupati and its environs form a part of Swarnamukhi River sub-basin, in Chittoor District, A.P. India, have been chosen, for finding out water of adequate amounts for the population of the study area on a sustainable basis, and also to increase groundwater potential for meeting future water demands. 16 sub-surface dams across the dry Swarnamukhi River were taken up to maximize groundwater potential, and to make the river perennial, during 2002, at a cost of around a million Euros, with our technical expertise. The authors' studies, after careful monitoring since 2002, have however indicated that the subsurface dams did arrest enormous amounts of groundwater from flowing down-stream. The water arrested and stored in the up-stream of the sub-surface dams across the Swarnamukhi River is estimated at 3 million cubic meters a year, which will benefit about 42,000 small and marginal farmers.

Apart from finding out water of adequate amounts for the inhabitants and the rapidly increasing pilgrim population on a sustainable basis, there has been, in addition the need to find out the chemical quality of natural waters by determining the spatial and temporal variations in the concentration of major and minor constituents under varying conditions. Water quality analyses have been carried out through sampling of surface water and groundwater at 50 locations, and analyses were made for major ions and trace elements for assessment of present status of water

quality. The water quality analyses have indicated that all the water samples represent the good water quality.

This paper aims at achieving greater water security and quality of water, in and around Eco-City, Tirupati, and to build a clean and healthy world, to the achievement of the U.N. Millennium Development Goals on Water Resources

## **L'ENVAISEMENT DES BARRAGES ET SON IMPACT SUR LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU EN ALGÉRIE**

**Nemouchi Abdelmalek<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Mentouri Constantine, Algérie.

Email: [am\\_nemouchi@yahoo.fr](mailto:am_nemouchi@yahoo.fr)

L'Algérie comme tous les pays du pourtour méditerranéen se caractérise par une hydrologie capricieuse qui fait que ses potentialités hydriques superficielles sont limitées et dépendantes de la pluviosité de l'année.

La construction de barrages, si elle s'impose comme solution pour la régularisation de l'écoulement et la mobilisation des ressources en eau est confrontée au problème de l'envasement qui réduit chaque année la capacité de stockage des ouvrages.

Actuellement chaque année, l'Algérie perd l'équivalent d'un barrage moyen du fait de ce phénomène qui résulte de la dégradation du milieu physique, de l'érosion qui engendre une importante charge solide des oueds.

Les mesures curatives (chasses d'eau, dragage, surélévation) ont montré leurs limites, et au rythme actuel de l'envasement tous les efforts de mobilisation de l'eau entrepris ces dernières années risquent d'être anéantis.

L'objectif de ce travail est d'analyser l'évolution de ce phénomène sur 2 barrages situés sur deux domaines bioclimatiques différents, et de montrer l'impact de ce phénomène sur la diminution des ressources en eau et la nécessité de recourir aux méthodes préventives par l'intégration de cette lutte dans les différents programmes de rénovation rurale qui pourront atténuer ce phénomène et préserver les ressources en eau.

## **ROLE OF THE INFORMATION TECHNOLOGY IN WATER QUALITY MANAGEMENT AND SOCIAL – ECONOMICAL ESTIMATION OF THE FLOOD IMPACTS IN MOUNTAIN REGIONS OF THE CENTRAL ASIA**

**Normatov Parviz<sup>1</sup>, Bokiev Obid<sup>1</sup> and Emomov Karimdzhon<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Water Problems, Hydropower and Ecology Academy of Sciences Republic of Tajikistan.

12, Parvin Street, 734002, Dushanbe, Tajikistan,

Email: [zar.rakhimov@mail.ru](mailto:zar.rakhimov@mail.ru)

The aspects of water allocation between the countries of Central Asia are considered from the point of view of river drain ecology. For the decision of ecological problems the creation of Interstate Water Quality Control Commission of Transboundary Rivers is offered in the region.

It is established that Amudarya waters after coming out from Tuyamuyun Reservoir is characterized by margin concentration (MC) of sodium and nitrites (NO<sub>2</sub>) exceeding in 1.2 and 2.3 times accordingly, in Nukus region MC exceeding of heavy metals is observed. The foundation of Interstate Coordination Water Commission (ICWC) to ensure equilibrium and consent in the region and has shown strategy of all countries to ensure today and in future mutual understanding and respect in fruitful cooperation. It gives the ground to hope that the problem of contamination and ascending of a degree of water

arteries mineralization can be solved with the same success by creating Interstate Coordination Water Quality Commission (ICWQC). Tajikistan is Mountain countries 93 % of territory which borrow mountains. Among regions of Tajikistan in Zarafshon river basin formation of floods is observed more often and their quantity in a year reach 150 and the local population is incurred almost annually with greater economic losses. The present work is devoted to monitoring of change of the precipitation quantity by climate change, formation floods and to calculation of economic damage put by floods to the population and an infrastructure of Ajni and Panjikent regional centers. For estimation of the precipitation in Zarafshon river basin had been used meteorological data from stations Madrushkat, Dekhavz, Anzob for the periods 1961-1990 years

## RÉUTILISATION DES EAUX USÉES TRAITÉES DANS LE BASSIN DU SOUSS-MASSA

**Nrhira Abdessadek<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa-Draa

Avenue My Abdellah, Box 432, Agadir, Maroc

Email: [anrhira@gmail.com](mailto:anrhira@gmail.com)

Les rejets liquides d'eaux usées, sur l'ensemble du bassin, approximativement s'élèvent actuellement à 25 Mm<sup>3</sup>. Les destinations de ces rejets se répartissent entre les STEP (14 Mm<sup>3</sup>/an) et les fosses et équivalents (8.5 Mm<sup>3</sup>/an) alors que 3 Mm<sup>3</sup>/an de rejets liquides ciblent directement le milieu naturel. Le potentiel prévisionnel est de 50 Mm<sup>3</sup> en 2030 et concerne essentiellement le Grand Agadir pour 40 Mm<sup>3</sup>/an alors que 10 Mm<sup>3</sup>/an intéressent les villes et centres de Biougra, Massa, Ouled Teima, Taroudant, Ouled Berhil, Ait lâazza, Sebt El Guerdane et Tiznit.

Tableau 1: Production d'eau usée dans l'aire du PDAIRE

Mode d'assainissement	Lieu de rejet	Rejets liquides (Mm <sup>3</sup> /an)	Charge polluante T DBO <sub>5</sub> /an
Réseau collectif	STEP	14	8 655
	Milieu naturel	3	1 091
Systèmes individuels	Fosses et équivalent	8.5	5 275
TOTAL		25.5	15 841

Tableau 2: Potentiel en eaux usées et zones de réutilisation potentielles (Mm<sup>3</sup>)

Villes ou centres	Mm <sup>3</sup> /an
Grand Agadir	39,7
Biougra	1,4
Massa	0,3
Ouled Teima	2,5
Taroudant	2,5
Ouled Berhil	0,6
Ait lâazza	0,8
Sebt El Guerdane	0,3
Tiznit	1,9
Total	50

La révision du PDAIRE prévoit la réutilisation de l'ensemble du potentiel d'eau usée traitée disponible comme suit.

### **Réutilisation des eaux usées épurées du Grand Agadir**

Espaces verts urbains et golfs

Un inventaire des périmètres irrigués à partir de prélèvements par forage en nappe phréatique met en évidence a été dressé par le Schéma Directeur d'Assainissement du Grand Agadir (RAMSA) :

La satisfaction globale des besoins d'irrigation actuels et futurs sur les aires irrigables cumulant environ 1 074 ha (non compris le périmètre de 500 ha de l'Arganeraie), justifierait un réseau capable au minimum d'un débit de pointe de 17.9 m<sup>3</sup>/j :

d'une part le besoin de pointe des golfs, en quasi totalité sur le secteur gravitaire :

- actuel : 8.3 Mm<sup>3</sup>/an pour 412 ha irrigués
- futur proche : 3.4 Mm<sup>3</sup>/an pour 165 ha irrigables

soit au total : 11.7 Mm<sup>3</sup>/an pour 577 ha de surfaces de golfs

D'autre part, le besoin de pointe des espaces verts urbains :

- sur le secteur gravitaire : 0.6 Mm<sup>3</sup>/an pour 48 ha d'espaces verts
- sur le secteur bas service : 3.8 Mm<sup>3</sup>/an pour 300 ha d'espaces verts et d'Avenues
- sur le secteur haut service : 1.8 Mm<sup>3</sup>/an pour 149 ha d'espaces verts et d'Avenues

soit au total : 6.2 Mm<sup>3</sup>/an pour 497 ha d'E.V et d'Avenues

### **Arrosage optionnel de la ceinture verte de l' «Arganeraie»**

L'excédent structurel disponible de la STEP de M'Zar permettrait également d'épandre la surface d'Arganeraie irrigable sur environ 400 ha à concurrence de 4 Mm<sup>3</sup>/an. L'arrosage s'effectuerait à partir d'un réservoir alimenté depuis un poste de refoulement une canalisation sur environ 3 250 ml.

Zone humide dans l'embouchure de l'Oued Souss

Il s'agit du maintien en zone humide du site classé RAMSAR au niveau de l'embouchure de l'oued Souss. Des besoins moyens de l'ordre de 4 Mm<sup>3</sup>/an ont été évalués. Les eaux usées traitées seront fournies par simple épandage au niveau du site.

### **Recharge artificielle par bassins d'infiltration**

Les simulations sur le modèle hydrodynamique de la nappe du Souss montrent que l'intrusion marine plus ou moins avancée, selon les scénarios, se produirait au fur et à mesure que la baisse de la nappe s'opèrerait. L'objectif de la recharge artificielle par les eaux usées est d'arrêter l'intrusion marine moyennant la création d'un dôme piézométrique hydraulique sur le front littoral d'écoulement souterrain afin d'empêcher l'inversement des gradients hydrauliques.

Pour la zone côtière de la nappe du Souss (Ait Melloul), et sur la ligne de partage des eaux souterraines avec la nappe des Chtouka, l'aménagement identifié consiste en l'infiltration d'une partie des eaux usées traitées de la ville d'Agadir à travers des bassins d'infiltration sur le cordon dunaire en vue de bloquer l'intrusion des eaux marines dans les nappes du Souss et des Chtouka.

Les ressources utilisables sont évaluées à 14 Mm<sup>3</sup>/an et le débit de dimensionnement sera d'environ 0,8 m<sup>3</sup>/s.

### **Réutilisation des eaux usées épurées des autres centres urbains**

Les eaux usées traitées du centre Ouled Teima offrent un potentiel de 3 millions de m<sup>3</sup>/an en 2030. Pour la ville de Tiznit est des centres de Biougra et de Massa, le potentiel global est de 3.6 Mm<sup>3</sup>/an en 2030. Pour les centres de Taroudant, Ait Iazza, Ouled Berhil et Sebt El Guerdane, le potentiel global en 2030 est de 4.2 Mm<sup>3</sup>/an.

Le secteur d'utilisation approprié est l'arrosage des espaces verts de ces villes et centres. La superficie d'espaces verts arrosable est d'environ 770 Mm<sup>3</sup>/an.

Pour le cas des eaux usées traitées de la ville de Tiznit, leur réutilisation est prévue pour l'irrigation du périmètre de Doutourga moyennant relevage partiel pour dominer la côte de l'ensemble du périmètre. Le potentiel en question est de 1.9 Mm<sup>3</sup>/an à terme.

## **<sup>18</sup>O & <sup>2</sup>H COMPOSITIONS OF THE PRECIPITATION AT THREE MOROCCAN STATIONS: INFLUENCED BY OCEANIC AND MEDITERRANEAN AIR MASSES**

**Ouda Bouchra<sup>1</sup> and Marah Hamid<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centre Nationale de l'Énergie et des Sciences Nucléaires (CNESTEN), Rabat, Maroc

Email: [bouchra\\_ouda@yahoo.fr](mailto:bouchra_ouda@yahoo.fr)

Oxygen-18 and deuterium compositions were monitored in several rain events on daily and monthly time scales at three meteorological stations in Morocco. One of them is located at Rabat which is an Atlantic coastal city. The two others are situated at Beni Mellal and Bab Bou Idir that are a continental areas located respectively in central Meseta and middle Atlas. Monitored period was spread over three years from November 2000 to April 2003. Large variations in both  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^2\text{H}$ , as well as in deuterium excess were recorded at the three stations during this time period. Correlations between stable heavy isotopes and meteorological parameters are not reliable while  $\delta^{18}\text{O} / \delta^2\text{H}$  plots give important information about the precipitating air masses origins. The observed variations are clearly related to different origin regions of water vapor (Atlantic Ocean and Mediterranean Sea) as well as to different trajectories of air masses supplying precipitation in Morocco. At the Atlantic station (Rabat); the majority of samples presents d-excess around +10 ‰ revealing Atlantic Ocean origin of the precipitating air masses. At the continental stations, isotopic signature of the water vapour coming from the Mediterranean Sea is more registered with weighted mean values for d-excess around +14 ‰ of samples collected at Beni Mellal and +17 ‰ recorded at Bab Bou Idir. Also, at this later station, the East Mediterranean origin was pronounced by d-excess values up to +22 ‰ and confirmed by weather maps. Combinations between different origins and trajectories of air masses which attain Morocco using weather maps defined three groups. The first one is characterized by air masses coming from central Atlantic reaching Morocco by it Atlantic coast. The second group is associated with air masses coming from North Atlantic and crossing the western part of the Mediterranean Sea. The third group is characterized by air masses coming from East Mediterranean and traveling over North Africa and West Mediterranean Sea. These situations fit rather well the isotopic compositions of the giving precipitation events. Evaporative isotopic enrichment of rain drops below the clouds was pronounced by a few samples while the majority of the giving rain events could be related to air masses with different isotopic signature of the water vapor.

**Keywords:** precipitation, stables isotopes, air masses, Morocco.

## **TREND DETECTION IN RIVER RUNOFF ACROSS MEDITERRANEAN RIVER BASINS**

**Oueslati O.<sup>1,2</sup>, De Girolamo A. M.<sup>1</sup>, Abouabdillah A.<sup>1,3</sup> and Lo Porto A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Water Research Institute, National Research Council, 5 Viale F. De Blasio 70123,  
Bari, Italy

<sup>2</sup>Department of Engineering and Physics of the Environment, University of Basilicata, 85 Via Nazario  
Sauro, 85100, Potenza, Italy

<sup>3</sup>Tuscia University, Via S. Camillo De Lellis - 01100 Viterbo , Italy

Email: [ons.oueslati@ba.irsa.cnr.it](mailto:ons.oueslati@ba.irsa.cnr.it); [annamaria.degirolamo@ba.irsa.cnr.it](mailto:annamaria.degirolamo@ba.irsa.cnr.it);  
[antonio.loporto@ba.irsa.cnr.it](mailto:antonio.loporto@ba.irsa.cnr.it); [aziz.abouabdillah@ba.irsa.cnr.it](mailto:aziz.abouabdillah@ba.irsa.cnr.it)

The Mediterranean basin is considered among the ecosystems to be especially affected by climate change due to the net decline in precipitations during the last century. This study aims to identify trend in river discharges using a set of graphical and statistical procedures. Annual and monthly continuous streamflow time series from six Mediterranean flow gages in Morocco were checked for possible trend. The rescaled cumulative departure plots of monthly mean flows exhibit a

net decreasing trend from 1980 until 1987 at all sites. The LOWESS-smoothed monthly mean flows have a generally decreasing trend which is more obvious from early 1970s. Standard statistical testing were applied to confirm the trends. Among these tests the non parametric Mann-Kendall test, which is widely used to detect trends in hydrologic data, was applied to detect trends in annual runoff. The results of this test showed that all the stations present negative trends indicating the decrease in runoff at 95 and 99 percent significant level.

**Keywords:** Trend analysis; streamflow; Mann-Kendall; LOWESS; Morocco

### **IMPACT OF THE CLIMATE VARIATIONS ON THE WATER RESOURCES IN THE DRAA CATCHMENT (MOROCCO): CORRELATION OF RAINFALL TO EVAPOTRANSPIRATION VARIATION IN THE DRAA BASIN**

**Ouyse Samira<sup>1</sup>, Laftouhi Nour-Eddine<sup>2</sup> and Tajeddine Kamal<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dynamic of Basins and Geomatic Laboratory GEOHYD Laboratory,

<sup>2</sup>Geology Department, Faculty of Sciences Semlalia, Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco

Email: [ouysse\\_samira@yahoo.fr](mailto:ouysse_samira@yahoo.fr), [Noureddine.laftouhi@ucam.ac.ma](mailto:Noureddine.laftouhi@ucam.ac.ma), [taj-eddine@ucam.ac.ma](mailto:taj-eddine@ucam.ac.ma)

In arid and semi arid environment, water is an important limiting resource not only for its scarcity, but also its intermittency and unpredictable presence (Porporato and Rodriguez-Iturbe, 2002). In the Draa basin; water resources knows a decrease from the upstream towards the downstream which is translated by a decline of the rates of precipitation (A mean of 270 mm in Agouim and 66.5 mm in Zagora) and an increase of the mean of evapotranspiration (255 mm in Agouim and 360 mm in Zagora) and temperatures. This requires an analysis of these climatic parameters to understand and forecast the instability of the resources in the study area. Rainfall and evapotranspiration are the most important variables to diagnose the climate change, and are important variables to reveal the eco-environment response to the climate change in regional scale as well (Cannarozzo et al. 2006). The methodology followed in this study is based on the statistical analysis of time series; the cross-correlation which is a standard method aims at estimating the degree of correlation between two variables and to evaluate the statistical meaning of the obtained results. In the studied zone, the data result from seven meteorological stations which six are distributed on the High Draa basin (Mansour-Eddahbi, Ait Mouted, Ifre, Agouim, Agouilal, Assaka) and the station of Zagora situated in the Middel Draa basin at 707 m a.s.l.. The data of the evapotranspiration using in this analysis are measured according to the Piche evaporimeter for the seven stations. The results of cross correlation of 7 stations data shows negative values and values close to 0; it confirm that the data of rainfall and evapotranspiration can be independent or conversely related. The measure of the distribution of random variables shows that the rainfall data are positively skewed for all stations; however the ETP data demonstrate a negative skewness for Agouim, Mansour-Eddahbi, Ifre, and Zagora time series.

**Keywords:** Rainfall, Evapotranspiration, Statistical analysis, cross correlation, Draa basin, Morocco

### **GROUND WATER FLOW ACROSS POROUS COASTAL SEDIMENTARY STRIPS WITH ITS ROLE IN 'MUDBANK' FORMATION AND COASTAL FERTILITY**

**Paimpillil Joseph Sebastian<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Center for Earth Research and Environment Management, K.K. Road, Cochin 17, India

Email: [psjoseph@eth.net](mailto:psjoseph@eth.net)

The existence of a wetland induced subterranean flow to the Arabian Sea through the submerged porous lime shell beds is identified from the coastal nutrient distribution patterns off Kerala coast (S. India). During the low tides, ground water of the region contaminated by coastal sanitation deficiencies is sucked through the porous lime beds into the surf zone and that acts similar to

hydrologic pump. The activated trending faults in the regions of submerged porous lime shell beds are probably coupling the adjacent watershed and the sea. Subterranean flows to 'mudbank' regions were evidenced in recent studies. The present investigation results showed a fertilization of the coastal waters by the injection of nutrients by hitherto unknown process. The high levels of nitrate-N, ammonia, enriched particulate organic carbon and Chlorophyll a at localized coastal regions pointed to clear near shore nutrient sources. A band of high N/P funneling out during non-mud bank period could be a clear indication of an 'external source' of nitrogenous compounds to the coastal water. These rich sources of nutrients deserve identification as it is traced far away from any river mouth. The existence of subterranean channels as the artifacts of porous nature of the lime shell base of the region transporting the nitrogenous compounds cannot be ruled out in the region. The human population of the coastal belt with more than 70 % of households without proper sanitation facilities had resulted in widespread use of septic tanks and induces nutrients to the coastal aquifer. The ground water in the region had nitrate (in sediment extract) up to 12  $\mu\text{M}$ , ammonia (in water) 8 $\mu\text{M}$ , urea (in water) 14  $\mu\text{M}$ , urea (sediment extract) 15  $\mu\text{M}$ . The ground water flux is controlled by a critical water level difference between the Lake and sea to be sufficient to overcome the frictional resistance of the porous sediment medium. The water level in the lake depends on the monsoon floods, and the variability in monsoon precipitation and the sea level on global warming. Significance of this study is that subterranean flows could redefine the very concept of formation of mudbanks, which is presently recognized only as an oceanographic process. The formation of mudbank is not entirely forced by coastal processes; instead a remote forcing from the land involving a climate controlled subterranean flow through the submerged lime shell beds appears to be an initiative mechanism. The increased fresh water input through these passages stratifies the coastal waters by forming a surface lid of low saline waters, thereby diverting the incoming currents and wave energy to the bottom to disturb the bottom sediments. The idea that land-use mosaic among sub-watersheds influence coastal processes such as mudbanks forms may apply globally to any coastal regions hugged by wetlands and underlain with lime shell deposits to develop process similar to mudbanks.

**Keywords:** groundwater fluxes, coastal productivity, mudbanks

### **ON THE SUSTAINABLE USE OF WATER RESOURCES IN KARST, WITH SOME CONSIDERATIONS ON THE DIFFERENCES BETWEEN PAST AND PRESENT WATER MANAGEMENT**

**Parise Mario<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CNR – IRPI, Via Amendola 122-I, Bari, Italy

Email: [m.parise@ba.irpi.cnr.it](mailto:m.parise@ba.irpi.cnr.it)

Karst is a very peculiar environment, and has a number of intrinsic features that clearly distinguish it from any other natural setting. Hydrology of karst is dominated by absence or very scarce presence of surface runoff, since water rapidly infiltrates underground through the complex network of conduits and fissures that are at the origin of the development of karst caves. The limited presence of water at the surface represented the main problem to be faced by man, starting from the very first historic phases of establishing settlements in karst territories.

As often happens in areas with limited natural resources, man was however able to understand the local environment through observations and direct experience, develop technique in order to collect the limited available water resources, and adapt his way of life to the need of the natural environment. In a few words, a sustainable use of the water resources was reached, that went on for many centuries, allowing development of human settlements and agriculture, and, at the same time, protecting and safeguarding the precious hydric resources.



Some of the most typical rural architectures built in karst areas of the Mediterranean Basin can be described as examples of such efforts: from the dry stone walls, to the many storage-houses or dwellings, known with different names, depending upon the different countries and regions. Dry stone walls, in particular, deserve a particular attention, since, in addition to the main uses they had (delimiting field and properties, acting as barrier to soil erosion, terracing the high-gradient slopes, etc.), they also had a role in the collection and storage of water, thus creating a small but remarkable micro-environment, functioning as collectors of moisture and water vapour.

In the last centuries, with particular regard to the last decades of XX century, the attention paid by man to the need of the natural environment dramatically changed. This, especially in very fragile setting as karst, had immediate negative consequences in terms of availability of water resources and protection from pollution. Several anthropogenic actions have been performed, at a very fast rate, which have been strongly favoured by the available technologies, that produced heavy and sometimes not recoverable changes in the natural karst landscape. The subdued morphologies that were typical of karst plateaus and low-mountain areas, for instance, have been rapidly modified or canceled in order to gain new lands to agriculture, or to allow development of urban and industrial areas. These actions radically changed the hydrologic features, both at the surface and underground, besides favouring the possibility to perform pollution and cause deterioration in the karst water quality. In addition, land use changes have a further negative effect, leading to increased erosion during rainstorms, and eventually causing flash floods, even in low-gradient karst.

## **EFFECTS OF CLIMATE CHANGE IN NEPAL: TIME FOR POLICY TO ACTION**

**Poudyal Chhetri Meen B.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>General Secretary Nepal Center for Disaster Management (NCDM), Nepal

Email: [meen.chhetri@yahoo.com](mailto:meen.chhetri@yahoo.com)

**Background:** Nepal is exposed to multiple hazards due to the climate change, variable geo-climatic conditions, young geology, unplanned settlements, deforestation environmental degradation and increasing population. Climate change is one of the key factors for the occurrences of multiple hazards.

**Context:** Monsoon climate is predominant in Nepal. Torrential rains during the monsoon render the country highly susceptible to water induced natural disasters such as floods, landslides, flash floods, debris flows, slope failures and Glacier Lake Outburst Floods (GLOFs). It is found that due to global warming, the volume of GLOFs is on the rise. In the last 100 years the world's average temperature has risen rapidly than in the last 10,000 years. The temperature rise has caused snow melt in the region, making the GLOFs dangerous day by day. The potential threat of GLOFs is growing in Nepal as Nepal's Northern part comprises wide range of Himalayan region where there are 3,252 glaciers - out of them 26 are potentially dangerous.

**Conclusion:** Greenhouse gases from human activities are among the major causes for the alarming situations of climate change and global warming. Various studies show pressing need to calculate carbon appropriation, the basis for calculating the impact of ecological imbalance particularly - deforestation. Stopping deforestation and building healthy environment should be the key issues in climate change policy of every government. Then it will provide a way for millions of poor people in developing countries to benefit directly. Such policy will help to reduce deforestation, maintain ecological balance and allow the nations to sell credits for successful programs combating carbon dioxide. On the other hand, developed countries that pollute more than the allowed limits under the existing Kyoto accord would be able to buy the carbon credits to increase their emission levels and help to fund forest protection plan and programs.

## MISE EN ŒUVRE D'UN SYSTÈME INTÉGRÉ D'AIDE À LA DÉCISION POUR LA GESTION DU BASSIN SOUSS-MASSA (MAROC)

Prévil C.<sup>1</sup>, Dolcine L.<sup>2</sup>, Tagma T.<sup>3</sup>, Berraja M.<sup>1</sup>, Aslikh A.<sup>4</sup> et Qaimi A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Département de Géographie, Université du Québec à Montréal (UQAM), Canada

<sup>2</sup>Consultant, Info-Electronics Systems (IES), Canada

<sup>3</sup>Département de Géologie, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

<sup>4</sup>Agence du Bassin Hydraulique du Souss-Massa-Draa (ABHSM), Agadir, Maroc

Email: [previl.carlo@uqam.ca](mailto:previl.carlo@uqam.ca)

La gestion de l'eau au Maroc est régie, depuis 1995, par la Loi 10-95. Cette loi consacre le principe de gestion par bassin, avec la participation des usagers de l'eau. Ce poster présente les résultats de la mise en œuvre d'un système intégré d'aide à la décision (SIAD\_TIGERS) pour accompagner l'Agence (de gestion) du Bassin hydraulique du Souss-Massa (ABHSM). Ce bassin connaît depuis ces quinze dernières années un développement très important de ses activités économiques (dont le tourisme de masse), de ses espaces agricoles autant que de l'habitat. Ces multiples développements s'accompagnent d'une grande pression, pour la transformation de l'utilisation du sol, ainsi qu'une forte demande de la ressource en eau.

Avec ce poster, il est surtout question de montrer la démarche de transfert de certaines activités dans la gestion de la demande de l'eau (GDE), vers une plate-forme géo-relationnelle au sein du SIAD\_TIGERS, pour viser une meilleure cohérence et une plus grande efficacité dans les processus décisionnels. Les applications contenues dans SIAD\_TIGERS visent des problématiques avec des portées globales (ensemble du bassin) et locales (site d'un barrage, un sous bassin) : érosion des sols ; danger d'inondation ; gestion des réservoirs des barrages ; potentiel en eaux souterraines.

**Mots-clés:** Geographic information system (GIS), Integrated Decision Support System (IDSS), Watershed management, Modeling, Water Demand Management.

## ASPECTS CONCERNANT LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU EN ROUMANIE

Rădulescu Daniela<sup>1</sup>, Liliana Zaharia<sup>2</sup> et andreea Gălie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut National d'Hydrologie et Gestion des Eaux, Șos. București – Ploiești N° 97, Secteur1, Bucarest, Roumanie

<sup>2</sup>Faculté de Géographie, Université de Bucarest, Bd. Nicolae Bălcescu N°1, Secteur 1, Bucarest, Roumanie

Email: [daniela.radulescu@hidro.ro](mailto:daniela.radulescu@hidro.ro), [andreea.galie@hidro.ro](mailto:andreea.galie@hidro.ro) [zaharia@geo.unibuc.ro](mailto:zaharia@geo.unibuc.ro).

La gestion intégrée des ressources en eau est une des principales prémisses permettant d'atteindre les objectifs du développement durable. Le concept de gestion intégrée des ressources en eau, exprime l'importance d'aborder la gestion de l'eau sous plusieurs facettes à la fois: physiques, techniques, politiques, économiques et sociales. L'unité spatiale de base pour la gestion intégrée des ressources en eau est considérée le bassin hydrographique, dont les ressources aquatiques (de surface et souterraines), fortement liées avec l'usage des sols, doivent être gérés prudemment, pour assurer des bénéfices aussi pour les générations actuelles, que celles futures.

En Roumanie, la gestion de l'eau à l'échelle du bassin hydrographique a une longue tradition. Les premiers schémas d'aménagement des bassins hydrographiques ont été élaborés en 1959, ce pays étant le deuxième en Europe, après l'Espagne, qui a appliqué ce principe. L'article présente l'évolution du cadre légal et institutionnel de la gestion des eaux en Roumanie, ainsi que du concept de la gestion des eaux dans ce pays. Des aspects concernant les implications législatives et institutionnelles de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'eau 2000/60/EC sont brièvement

évoqués. Un accent particulier est mis sur la présentation du principal outil pour la gestion intégrée des ressources des eaux en Roumanie, le Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux. Ce-ci indique pour chaque bassin hydrographique les orientations d'une gestion équilibrée de la ressource en eau qui assure à la fois la préservation des écosystèmes, la protection contre toute pollution, la valorisation économique de la ressource et la conciliation entre les différents usages et activités. Le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux, comporte 2 composants, qualitatif et quantitatif, matérialisés dans le Plan de gestion du bassin hydrographique et respectivement le plan d'aménagement du bassin hydrographique.

## **HYDROGEOLOGIE ET GEOCHIMIE DES AQUIFERES EN AMONT DU BARRAGE EL HOUAREB (AIN EL BEIDHA, TUNISIE CENTRALE)**

**Rahmouni N.<sup>1</sup>, Ben Ammar S.<sup>1,2</sup> et Zouari K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Radio-Analyses et Environnement, E.N.I Sfax, BP W 38 Sfax - Tunisie

<sup>2</sup>Centre National des Sciences et Technologies Nucléaires, 2020 Sidi Thabet - Tunisie

Email: [nadia\\_rahmouni01@yahoo.fr](mailto:nadia_rahmouni01@yahoo.fr), [safouan\\_ammam@yahoo.fr](mailto:safouan_ammam@yahoo.fr)

La cuvette de Ain El Beidha est une structure en bassin fermé, située au carrefour des deux grandes structures de la Tunisie centrale à savoir l'axe N-S et l'alignement Labeidh-Trozza-Cherichira. C'est un bassin assez complexe et très compartimenté. Il comporte deux structures synclinales (oued Khechem et oued Ben Zitoun) séparées par l'anticlinal de Kroumet Zemla. Les eaux souterraines phréatiques sont logées dans les formations détritiques hétérogènes du Quaternaire, alors que des niveaux plus profonds du Miocène et Oligocène logent les eaux de la nappe profonde. Il s'agit d'un multicouche à différents niveaux aquifères superposés et intercommunicants. L'écoulement global des eaux souterraines se fait du SO vers le NE vers le seuil d'El Haouareb qui permet le déversement des eaux de décharge de Ain El Beidha vers le bassin aval de la plaine de Kairouan. A ce niveau affleure une structure calcaire Karstique attribuée au Crétacé supérieur sur laquelle est construit le barrage d'El Haouareb.

La caractérisation chimique des eaux souterraines du bassin de Ain El Beidha a permis de montrer que la minéralisation et les faciès chimiques sont généralement influencés par la lithologie de la formation aquifère. Les plus faibles valeurs de salinités caractérisent les eaux issues des sables et grès de l'Oligocène. Cette formation est captée dans la partie SE du bassin et aux piedmonts du bombement de Kroumet Zemla. Le Miocène de nature plus hétérogène (sables, sables argileux et argiles) recèle une nappe dont les eaux sont de qualité plus médiocres. La salinité au niveau des puits de surface captant les niveaux phréatiques datant généralement du Quaternaire est souvent fonction de leurs situations géographiques, les plus faibles sont enregistrées au niveau de la structure synclinale du oued El Khechem.

La caractérisation isotopique (<sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H, <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C et <sup>13</sup>C) des eaux de Ain El Beidha a permis une meilleure compréhension du fonctionnement hydrodynamique du système connu par sa complexité structurale et de situer les aires de recharge des aquifères au niveau des reliefs bordiers (Touila et Trozza), le bombement anticlinal de Kroumet Zemla et aux environs des lits des oueds Khechem et Ben Zitoun. De faibles variations spatiales et temporelles des teneurs en isotopes stables ont été enregistrées dénotant d'une forte inertie du système. Des teneurs en tritium dépassant par endroit 15 UT indiquant une recharge récente, ont été mesurées aux voisinages des oueds et aux piedmonts de Kroumet Zemla. En zone aval du bassin, les eaux sont plus anciennes avec des âges dépassant les 6000 ans B.P. La distribution des âges corrigés selon le modèle de Pearson ne montre pas une organisation spatiale bien particulière mais a permis d'estimer la vitesse d'écoulement des eaux souterraines dans la partie septentrionale du bassin à 1,2 m.a-1.

**Mots-clés :** Géochimie, Isotopes, Eau souterraine, Kairouan, Tunisie.

## APPORT DES TECHNIQUES NUCLÉAIRES DANS L'ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES EAUX SOUS UN CLIMAT ARIDE À SEMI-ARIDE : CAS DU BASSIN VERSANT DE TENSIFT, MAROC

**Raibi F.<sup>1,2</sup>, Benkaddour A.<sup>2</sup>, Hanich H.<sup>2</sup>, Chtioui A.<sup>3</sup>, Marah H.<sup>1</sup>, et Chehbouni A.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Centre National de l'Énergie des Sciences et des Techniques Nucléaires, Rabat, Maroc

<sup>2</sup>Faculté des Science et Technique Gueliz, Marrakech, Maroc

<sup>3</sup>Agence du Bassin Hydraulique Moulouya, Maroc

<sup>4</sup>Centre d'Études Spatiales de la Biosphère BP 31401 cedex Toulouse, France

Email: [raibi@cnesten.org.ma](mailto:raibi@cnesten.org.ma)

Le bassin versant de Tensift est l'un du plus important bassin hydrogéologique au Maroc. Il englobe la plaine du Haouz et deux chaînes de montagnes (les Jbilet, et le Haut Atlas), l'assemblage de ces différents reliefs au sein de ce bassin lui donnent une structure géologique, climatique, et géographique assez complexe. En plus l'exploitation des ressources en eau devient de plus en plus intense. De ce fait une étude pour l'évaluation et la gestion de ces ressources en eau se révèle très intéressante. Le présent travail qui s'intègre dans le cadre du projet SUDMED, s'intéresse donc à l'utilisation des techniques nucléaires (Géochimie isotopes stables et radioactifs) pour le traçage des eaux des précipitations, des eaux de surface et des eaux souterraines de ce bassin afin de déterminer: (1) les facteurs qui contrôlent les variations des isotopes stables des eaux de précipitations sous un climat aride à semi-aride; (2) l'origine des eaux (de précipitations, de surface, et souterraines) dans le bassin de Tensift, (3) les mécanismes d'acquisition de la minéralisation pour les eaux souterraines, (4) et la ou les zones de recharge, et le temps de résidence des eaux dans les différentes formations aquifères.

Un échantillonnage systématique des précipitations a été effectué durant toute l'année de 2000 à 2005 à des stations météorologiques et des pluviomètres répartis sur le bassin, un profil de neige est également effectué le long de Jbel Toubkal (plus haut sommet du haut atlas 4165 m d'altitude) à différentes altitudes.

Deux campagnes de mesures et d'échantillonnages des eaux souterraines et des eaux de surfaces ont été effectuées au niveau des cours d'eau drainant le bassin et au niveau des points de captage des eaux souterraines (puits, forages et sources). Les échantillons ont fait l'objet d'analyses chimiques pour le dosage des éléments majeurs, des mesures des isotopes stables, et des mesures des isotopes radioactifs.

La composition isotopique des précipitations montre que ces dernières ont une origine mixte, atlantique et méditerranéenne. La chimie des eaux décèle l'individualisation de deux groupes d'eaux, un qui circule dans des formations calcaires et marno-calcaires et l'autre circule dans les formations plio-quadernaires. En plus, la composition isotopique met en évidence l'absence de phénomène d'évaporation des eaux avant leur infiltration. Elle permet également de cerner d'une manière générale les zones de recharge des eaux. La datation des eaux par l'isotopie permet de différencier des eaux anciennes, les eaux récentes, et des eaux qui présentent le mélange entre les deux groupes précédents, ce qui ne permet de lancer l'hypothèse de l'existence d'une interconnexion entre les différents compartiments qui emmagasinent de l'eau dans le bassin de Tensift.

**Mots-clés:** Bassin de Tensift, Climat aride à semi-aride, Ressources en eau, Techniques nucléaires.

## GIS DATABASE DEVELOPMENT FOR COASTAL RESOURCES RISK INDEX IN MALAYSIA

Ramli M.F.<sup>1</sup>, Abdul Manap M.<sup>1</sup>, Ibrahim Z.Z.<sup>1</sup>, Yusoff M.K.<sup>1</sup>, Juahir H.<sup>1</sup> and Aris A.Z.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Environmental Studies, University Putra Malaysia, 43400 Serdang, Malaysia

Email: [firuz@env.upm.edu.my](mailto:firuz@env.upm.edu.my),

The National Hydraulic Research Institute of Malaysia (NAHRIM) has commissioned a study for a development of a Coastal Resources Risk Index for assessing the impact of water pollution on the productivity of natural resources in the river basin of Kedah, Malaysia. In order undertake the risk assessment, many parameters related to existing conditions such as environmental sensitivity and river flow indices, productive resources such as catch per trip and fishing effort, and disturbances such as biological oxygen demand and chemical oxygen demand loads were collected. The main objective of this paper is to develop a simple user-friendly Geographic Information System interface and database which allows managers, researchers and others to look at the data collected for the project. The interface was customized where even the GIS beginner can easily utilised it. The users can just click the icon and the information needed will be shown on the screen. For users that had already familiar with GIS, they can also do their own analysis on the data. The data arrangement is designed as friendly as possible where information of the data or metadata is provided. The use of GIS is found to be useful especially in database management.

**Keywords:** GIS, database, coastal research

## RAINFALL-RUNOFF RELATIONSHIPS IN SEMI ARID AREA

Razzaghi Mehemed A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Civil Engineering Department, Faculty of Engineering. Al-Gabel Al-Gharbi University, Libya.

Email: [m\\_razzaghi@yahoo.co.uk](mailto:m_razzaghi@yahoo.co.uk)

An experiment was undertaken of the rainfall-runoff relationship (Runoff Coefficient) at Agricultural research center station in Sfeet, Libya, during the season 1998-99. The climate of the experiment site is semi arid. The average annual rainfall was estimated 236 mm. It varies between 120 mm and 250 mm, mostly occurring in winter.

Rectangular plot of 10 m long and 4 m wide with a converging channel of 6 m<sup>2</sup> area transition was used as micro-catchment area for runoff collection. Therefore, a total catchment area was 46 m<sup>2</sup>. Four Surface treatments i.e. natural, paved, compacted and plastic sheet cover were used in the experiment. The catchments were separated with boundaries. All treatments were replicated three times randomly. A water tank with 0.5 m<sup>3</sup> capacity was installed at the lower end of each plot as runoff collector. As is typical of semi arid regions the amount and quality of data for such experiment was very limited due to the short period of data collection and the infrequency of rainfall-runoff events. Despite this, results showed that runoff coefficient increases with treatment like paving and compaction. It yields highest value for plastic cover plot followed by compacted, paved and control case. It also indicates that runoff coefficient improves by about 27%, 40% and 90% for paved, compacted and plastic cover treatments respectively, when compared with control case under natural conditions.

**Keywords:** rainfall; runoff coefficient; micro-catchment; ground surface treatment; semi arid areas

## SUBMARINE GROUNDWATER DISCHARGE AND SURFACE WATER QUALITY ON THE NADOR LAGOON (MOROCCO): THE LAND USE CONNECTION AND GROUNDWATER POLLUTION

Re Viviana.<sup>1</sup> and Zuppi Giovanni Maria.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University Cà Foscari of Venice, Department of Environmental Sciences, Venice, Italy

<sup>2</sup>CNR. Institute of Environmental Geology and Geoengineering (IEGG), Rome, Italy

Email: [re@unive.it](mailto:re@unive.it)

Under the premise of the need for an integrated approach for water resource management it is important to take into account the relations between drainage basin (catchment area) and the aquifer through the near coastal zone, and to develop adequate science based policies oriented to achieve sustainable water management. The Mediterranean basin is a perfect example of the attempts of application of a holistic approach (not only through IWRM and ICZM) in order to perform the best management practices and to achieve the sustainability goals. This area has been object of several studies and conventions; however discrepancies at political social economical, and therefore environmental, level still exist between the European rim countries and the Middle East and North Africa (MENA) region ones. Moreover, even for areas where increasing attention is paved to coastal zone, transition zones, and lagoon system protection, so far most of the interest was focused on the ecological functions of these lagoons and the possible exploitation for aquaculture activities.

The lagoon of Nador (Morocco) is a perfect example of this situation. Understanding the role of the aquifers in the lagoon circulations and the interaction between fresh groundwater and saline or brackish lagoon waters, is of crucial importance for the protection of the fragile lagoon dynamics.

Understanding the present subterranean hydrology means to comprehend their past morphologic conditions and to evaluate their recent geological evolution.

The Messinian sea-level, which was up to 1500 m lower, induced the formation of deep canyons and at the same time developed deeply fractured media. The Messinian erosion surface is overlain by a marine succession and is essentially comprised of clay and blue silts (Marine Pliocene or Plaisancian clays) with lateral and vertical facies variations (Marine Pliocene sand). Hydraulic conductivity of the silty-clay sequence is about  $10^{-8}$  ms<sup>-1</sup> to  $10^{-10}$  ms<sup>-1</sup> and, therefore, can be considered an aquitard. The levels of the continental deposits (Continental Pliocene or Astian sands) consist of a sand layer with some lignite clay and inter-bedded lacustrine limestone. The thickness is estimated to range between 100 to 300 m. When sea level falls, continental groundwater as well as surface runoff tend to adapt to the new base level and water fluxes are deeply modified. The drop of sea level, accompanied by a retreat of the shoreline and consequently by the change in the location of existing springs, lead to the location of new springs along shoreline.

Similarly to the hydraulic exchanges controlled by water head or by direct mass transfer between fractured systems and porous media, fluxes below sea level and submarine springs must be considered as part of these aquifers as, due to the sea level variations during Quaternary and Tertiary periods, they may discharge directly into the sea at depth,

Therefore this work is focused on the role of hydrogeology and hydrogeochemistry in guiding the integrated water management processes, and on the definition of groundwater quality in the Bou Areg coastal plain also considering its interaction with the lagoon of Nador. Specific attention is also paved on Submarine Groundwater Discharge (SGD). Terrestrial hydraulic gradients that reflect both short and long term climatic conditions almost always transport both surface and ground water toward the coast. In lagoon areas, physical oceanographic processes such as wave set-up, tidal pumping, and density-driven circulation impact these hydraulic gradients and thus affect rates of submarine groundwater discharge. Although there are only few studies that quantify these fluxes in the Mediterranean basin, the results on Nador lagoon should suggest SGD may be important globally.

**Keywords:** Nador, Transition areas, Submarine Groundwater Discharge, Groundwater quality.

## L'APPROCHE SYSTÉMIQUE, UN OUTIL POUR LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU

**Rouissat B.<sup>1</sup> et Smail N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, B.P. 119 13 000 Tlemcen, Algérie

Email: [b\\_rouissat@mail.univ-tlemcen.dz](mailto:b_rouissat@mail.univ-tlemcen.dz)

En Algérie, l'accroissement brutal des besoins en eau, les retards enregistrés dans les programmes de mobilisation et de transfert et l'absence d'outils de planification et de gestion, ont généré des situations de déficit chronique, et se sont répercutés de façon négative sur le développement socio-économique du pays.

Face à cette situation, et afin de relever les défis que posent les problèmes de l'eau en Algérie, le gouvernement algérien a mis en place une nouvelle politique de l'eau, fondée sur des principes nouveaux de gestion intégrée de la ressource, ainsi que sur des réformes institutionnelles, juridiques et organisationnelles profondes, en adéquation avec la gravité des problèmes à résoudre. C'est ainsi qu'outre les investissements considérables déjà consentis, toute la priorité vient d'être accordée au secteur des ressources en eau, dans le cadre du plan de relance économique qui porte sur :

La protection des ressources existantes, la réhabilitation des réseaux d'alimentation en eau potable, d'assainissement, des stations d'épuration, et la lutte contre le gaspillage. La maintenance des infrastructures et la mobilisation systématique de toutes les ressources disponibles. La maîtrise de la demande. L'utilisation des ressources non conventionnelles, notamment par le recyclage des eaux usées et le dessalement de l'eau de mer. La mise en place d'outils de planification, de gestion et de communication.

La politique engagée vise à créer un outil de décision à moyen terme, actualisable ultérieurement sans intervention extérieure, pour le développement et la gestion intégrée des ressources hydriques de l'Algérie. Elle s'articule autour des concepts suivants :

Préciser l'étendue et la qualité des ressources hydriques y compris les ressources non conventionnelles,

- Evaluer les demandes en eau, aujourd'hui et à l'avenir,

Dresser l'inventaire des infrastructures existantes et projetées, identifier de nouvelles potentialités et engager les actions pour leur mobilisation et transfert,

Confronter, d'une manière dynamique, les ressources et les besoins et chiffrer les coûts et les bénéfices de chaque variante ainsi que son impact sur l'économie nationale,

- Examiner le cadre institutionnel et son adéquation pour la gestion intégrée et la protection de la ressource.

Toutefois, les projets d'aménagements hydrauliques sont souvent très complexes et dépendent d'un ensemble de paramètres et critères. La fiabilité, la performance, l'économie, le fonctionnement ainsi que l'amortissement des aménagements hydrauliques ne sont pas liés uniquement à la réussite technique des projets eux-mêmes. L'intégration de ces projets dans un contexte de systèmes crée la dépendance entre sous-systèmes, voire entre systèmes. Cette dépendance peut revêtir des divers aspects suscités. Cette problématique est illustrée lucidement par un certain nombre d'exemples d'aménagements hydrauliques et dont le fonctionnement et la performance sont compromis par leur présence dans des systèmes complexes. La théorie de la vision globale, non fragmentée possède un double souci d'interdisciplinarité et de théorisation. Une vision synthétique des problèmes complexes est envisagée, avec l'essence de la communication résidant dans les processus relationnels. C'est un outil, plus global, qui réduit un système à ses composants et à des interactions élémentaires. Il permet d'aborder un problème de manière séquentielle, détaillée, n'oubliant aucun élément du système.

## MISE EN ÉVIDENCE DE L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAUX SOUTERRAINES À L'ÉCHELLE DU BASSIN VERSANT: CAS DU BASSIN VERSANT N'FIS (HAOUZ – MARRAKECH MAROC)

Saad A.<sup>1</sup>, Laftouhi N.<sup>1</sup> et Taj-Eddine K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University Cadi Ayyad", Faculty of Sciences, 2390 Marrakech, Maroc.

Email: [Saad.aycha@gmail.com/](mailto:Saad.aycha@gmail.com) [n.laftouhi@ucam.ac.ma](mailto:n.laftouhi@ucam.ac.ma)

Cet article présente les travaux entrepris pour étudier l'impact des changements climatiques sur la recharge de la nappe phréatique plioquaternaire au niveau du bassin versant N'Fis (Haouz-Marrakech Maroc). Les données utilisées de 13 piézomètres de contrôles et 4 stations météorologiques s'étendant sur 16 et 37 ans et d'autres données spatiales (occupation de sol, MNT...etc.) ont été stockées dans une base de données conviviale grâce à l'outil SIG. L'objectif est de faire une évaluation préliminaire des impacts potentiels des changements climatiques sur les ressources en eau souterraines

Le résultat montre que les fluctuations piézométriques sont peu influencées par ces variations et dépendent surtout du retour d'irrigation.

**Mots-clés** : Bassin versant N'FIS, SIG, nappe phréatique, changement climatique

## EXPLOITATION DU S.I.G POUR L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ À LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA NAPPE DE FÈS-MÉKNES PAR LES MÉTHODES PRK ET GOD

Sadkaoui N.<sup>1</sup>, Lahrach A.<sup>1</sup> et Chaouni A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Géoscience et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, Fès, Maroc

<sup>2</sup>Faculté Polydisciplinaire de Taza, Maroc

Email: [nezhasadkaoui@yahoo.fr](mailto:nezhasadkaoui@yahoo.fr), [abderrahimlahrach@gmail.com](mailto:abderrahimlahrach@gmail.com), [alichaouni@yahoo.fr](mailto:alichaouni@yahoo.fr)

Parmi les défis majeurs auxquels l'homme aujourd'hui doit faire face, c'est celui de l'eau. Le Maroc comme tous les pays, se trouve confronté aux problèmes relatifs aux risques de contamination des ressources en eau.

Les deux villes Fès et Meknès sont l'exemple type de ce genre de problème à cause de la croissance démographique et l'activité humaine (l'augmentation des projets industriels et agricoles ...etc.). Ainsi, la diversification et l'augmentation de la quantité de polluants rejetés sans traitement détériorent grandement le milieu aquatique et engendrent des risques pour la santé.

En effet, Ces deux grandes villes font parties du bassin de Fès-Meknès, appelé aussi bassin de saïss, dont la superficie est d'environ 2100 Km<sup>2</sup> occupe une partie importante du bassin versant du Sebou. Il s'étend d'Est en Ouest sur une longueur de 1000 km environ. Sa largeur est d'environ 30km suivant une direction Nord-Sud. Il forme la partie centrale du sillon Sud rifain qui s'étale entre deux grandes structures, à savoir le domaine rifain au Nord, et le causse moyen atlasique au Sud. Les bordures occidentale et orientale sont par contre mal définies. A l'Ouest la limite communément admise est matérialisée par l'oued El Kell. A l'Est les limites du bassin se confondent avec les vallées de l'oued Sebou. Ces limites sont détaillées et discutées à la base des données géologiques et hydrogéologiques lors du traitement des données relatives aux aquifères du bassin.

De ce fait, cette étude est destinée à définir la vulnérabilité intrinsèque, à travers, l'énumération de ses différents facteurs et la compréhension de ses principes et par la suite, pouvoir fournir une explication détaillée de la démarche à suivre en décrivant les méthodes GOD et PRK afin d'élaborer les cartes de vulnérabilité intrinsèque à la pollution des eaux sous terrains de la nappe relative au bassin de Fès-Meknès.

**Mots-clés** : PRK, GOD, Vulnérabilité, Contamination, Eaux souterraines, Bassin de Fès-Meknès



## ÉLABORATION DES CARTES DE VULNÉRABILITÉ PAR LE MODÈLE DRASTIC (CAS DU BASSIN DE FÈS-MÉKNÈS – BASSIN DE SEBOU, MAROC)

**Sadkaoui N.<sup>1</sup>, Lahrach A.<sup>1</sup> et Chaouni A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Géoscience et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques,  
Fès, Maroc

<sup>2</sup>Faculté Polydisciplinaire de Taza, Maroc

Email: [nezhasadkaoui@yahoo.fr](mailto:nezhasadkaoui@yahoo.fr), [abderrahimlahrach@gmail.com](mailto:abderrahimlahrach@gmail.com), [alichaouni@yahoo.fr](mailto:alichaouni@yahoo.fr)

Le sous bassin de Saïss fait partie du bassin versant de Sebou, il s'étend sur une longueur de 1000 Km environ et une largeur de 30 Km. Il est limité au Nord par le Prérif, 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 Saïss à l'Est et le plateau de Meknès à l'Ouest.

Le bassin de Fès-Meknès est une dépression aplatée entourée de régions à surfaces topographiques tourmentées (rides pré-rifaines, causses, Maroc central,...). Un accident topographiquement franc, 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 saïss à l'Est abaissée par rapport au premier.

Le bassin du Saïss renferme deux nappes d'intérêt inégal:

la nappe phréatique qui circule dans des sables, conglomérats et par endroits dans les calcaires lacustres du Plio-Villafranchien ;

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.

Ces deux nappes communiquent entre elles par endroits, à travers des flexures et failles ou indirectement par drainage ascendante.

Les eaux souterraines de la plaine de Fès-Meknès constituent la ressource majeure de la région. Cette étude met l'action sur l'importance de cette ressource dans la région du Saïss, en insistant surtout sur son caractère irremplaçable.

Cependant, un certain nombre de constats de pollution ponctuelle ou diffuse y ont été mise à jour. 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 l'évaluation de la qualité de ces eaux en s'appuyant sur les caractéristiques du milieu (la perméabilité, la topographie, la lithologie, la profondeur de la nappe...etc.). La carte de vulnérabilité a été élaborée par l'application du modèle DRASTIC, en utilisant les logiciels des systèmes d'information géographique (SIG) et ce 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** : Bassin Fès-Meknès, Vulnérabilité, Contamination, Eaux souterraines, DRASTIC, SIG.

## MEMBRANE TECHNOLOGY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT FOR THIRD COUNTRIES

**Saffaj Nabil<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté Polydisciplinaire Ouarzazate, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc

Email: [saffaj@gmail.com](mailto:saffaj@gmail.com)

To sustain is 'to continue without lessening' and 'to allow to flourish now and in the future'. This is a vital concept for the water industry, as well as having special meaning for the application of membrane technology to that industry.

However, the development of membrane processes to treat wastewater is generally limited because the price of the membranes is too expensive, which is particularly true for the inorganic membranes. One of the challenges for future development of the inorganic membranes will be to produce low-cost membranes with high flux performance to treat large volumes of liquid effluent.

In This work, we discuss a sustainable process to develop a new membrane from the abundant natural Moroccan clay. We discuss also sustainability and membrane processing for wastewater reuse.

## APPORT DE LA GÉOPHYSIQUE À LA RECONNAISSANCE HYDROGÉOLOGIQUE DES RIDES DE ZERHOUN ET DE LA RÉGION DE SKHOUNATES (MAROC)

Sahbi N.<sup>1</sup>, Sahbi H.<sup>1</sup>, Boualoul M.<sup>1</sup>, Benslimane A.<sup>2</sup> et Lahrach A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Equipe de recherche de géophysique et de géotechnique, Laboratoire d'Ingénierie Géologique, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail, Meknès.

<sup>2</sup>Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès.

<sup>3</sup>Faculté des Sciences et Techniques, Fès.

Email: [sahbi.najib@gmail.com](mailto:sahbi.najib@gmail.com)

Les Rides prospectées dans cette étude sont situées à l'Est de l'Oued R'dom, au N-E de la ville de Meknès, placées ainsi à la limite de deux domaines très différents : au Nord le Rif tectonisé lors de l'orogénèse alpine, au Sud la chaîne intracratonique du Moyen Atlas, et la Meseta marocaine (Figure 1), sont caractérisées en général par une série sédimentaire jurassique variée surmontée en discordance angulaire par les terrains transgressifs datés du Miocène supérieur.

Figure 1. Carte géologique simplifiée du Maroc septentrional

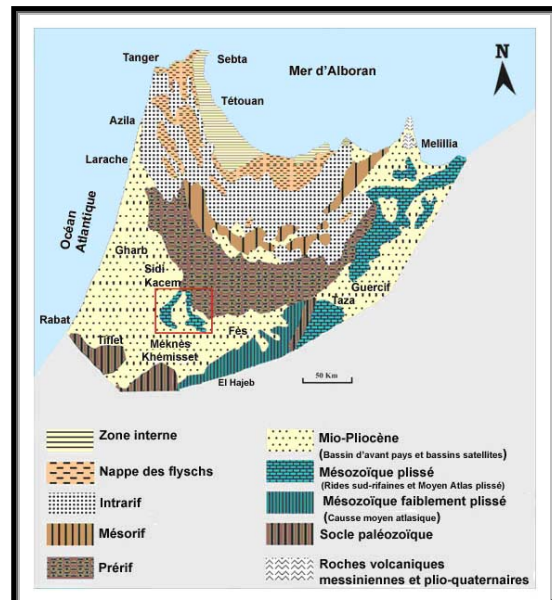
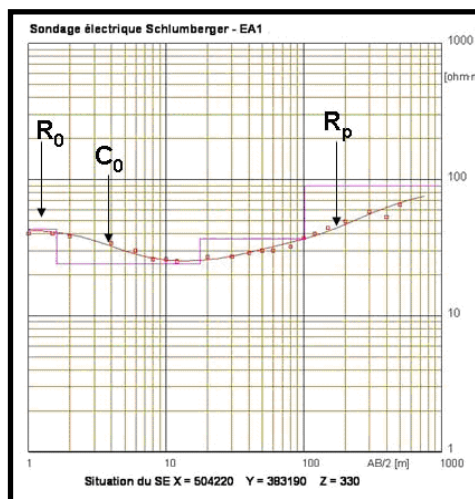


Figure 2 : Sondage électrique étalon au du niveau forage 2905 / 15

Le domaine des Rides est caractérisé par des aquifères sous forme de nappes perchées avec des terrains lithologiquement différents mais pour l'essentiel de faciès carbonaté et d'âge jurassique. Vu l'absence d'une nappe continue et le besoin incessant d'approvisionnement en

ressources hydriques, cette étude s'inscrit dans le cadre de l'alimentation des Douars de la région en eau potable. Ainsi une étude géophysique basée sur 26 sondages électriques avec des longueurs de ligne AB=1000m, a été réalisée au niveau des Rides de Zerhoun et dans la région de Skhounates.

L'apport de la géophysique dans le secteur d'étude en utilisant la méthode géoélectrique, qui est largement utilisé en hydrogéologie et en géologie de l'ingénieur a permis de définir différents niveaux électriques et leurs correspondances géologiques (Figure 2).

L'établissement des coupes géoélectriques (Figure 3), a permis de distinguer un plongement des couches vers le Sud. On remarque la présence de formations quaternaires seulement au niveau de EA3 et EA4 marquant des terrasses fluviales en dessous desquelles apparaît la série miocène composé de marnes et des marno-calcaires où elle atteint son maximum d'épaisseur au niveau de EA4.

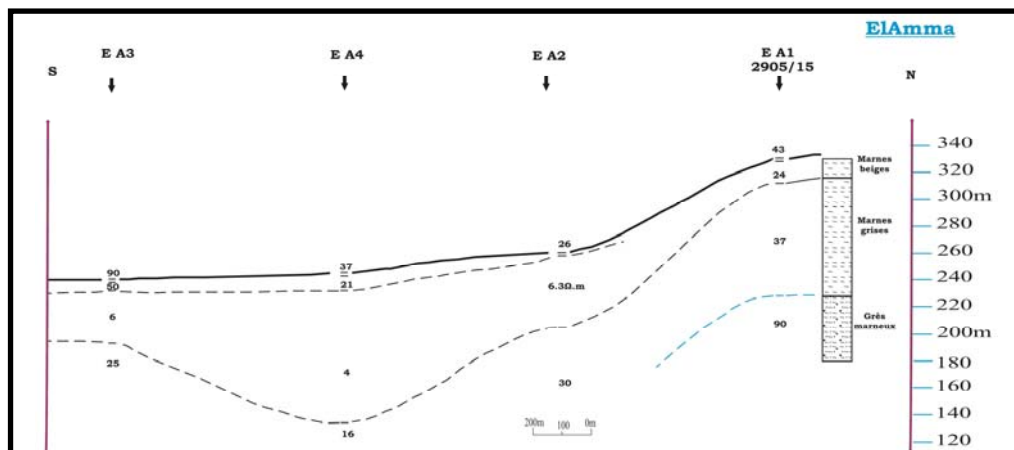


Figure 3 : Coupe géoélectrique réalisée à El Amma

Le résistants, correspondant à des grès atteint au niveau de EA1 à une profondeur de 102m montre un approfondissement du Nord vers le Sud. L'interprétation des résultats a conduit à la différenciation de plusieurs niveaux conducteurs et résistants et l'élaboration de cinq coupes géoélectriques interprétatives.

L'analyse de ces coupes a permis de déterminer quelques niveaux résistants susceptibles d'être des aquifères potentiels.

## MANAGEMENT OF OIL SPILLS IN WATERWAYS BETWEEN VENEZUELA AND COLOMBIA

Sainz-Borgo Juan Carlos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Central de Venezuela Ciudad Universitaria, Los chaguaramos  
Caracas, Venezuela

Email: [sainzi@gmail.com](mailto:sainzi@gmail.com)

Venezuela is a country located on the North of South America, on the inter-tropical zone, positioned among the coordinates: 00°38'53" and 12°11'46" north, and, 58°10'00" and 73°25'00" west. The country has five big hydrographical basins, three have international nature and they occupy a percentage bigger than 75% of the national territory.

These trans-boundary basins are related to three neighbor countries: Colombia, Brazil and Guyana, west to east. The relationship among these transboundary hydrographical basins comes as a result of traumatic processes of delimitation and demarcation of borders, except the southern border with Brazil. In Colombia, the management of transboundary watercourses is framed within a complex negotiating process, which places rivers as one of the key elements of the bilateral agenda.

The Caño Limon-Puerto Coveñas pipeline began transporting significant quantities of oil from the region of Arauca to the Caribbean Sea, across the Colombian territory in an area corresponding to international basins of the rivers Arauca and Catatumbo that drains into Venezuelan soil. In 1988,

Colombian guerrillas attacked with explosives, said pipeline and oil spills occurred on the rivers with substantial ecological damage. The occurrence of these events, usually in areas of steep and inaccessibility, generated harmful environmental effects in very remote areas.

Venezuela and Colombia signed a Contingency Plan to protect against spills of transboundary river basins and the Program of Cooperation and Mutual Assistance in Cases of Oil Spills. These cooperation programs established the duty of both countries on developing contingency plans to deal Bilateral "possible oil spills that may affect the maritime environment, coastal, rivers, lakes and other water bodies".

In the first opportunities that these events occurred, it caused major damage due to the absence of contingency plans or binational agreements to combat the damaging effects of the spill when they pierced their Colombian borders. As a result, the damages were located in the fragile ecosystems of Catatumbo River, Lake Maracaibo and the Arauca River. This item was considered with special attention by the negotiating committees, which served as the link between oil companies of both countries and the Ministries of the area, so that contingency plans are designed and proceed with the signing of agreements approved.

This is the only legal instrument signed between Venezuela and neighboring countries, developing specific actions to mitigate the damage and establishes legal principles governing the liability in the transboundary damage, especially in Catatumbo transboundary basin. The aim of the paper is to explore new solution to contamination in South America.

#### **CARTOGRAPHIE DU RISQUE DE POLLUTION DE L'AQUIFÈRE CÔTIER DE GHIS-NEKOR (MAROC)**

**Salhi A.<sup>1</sup>, Stitou El Messari J.<sup>2</sup>, Himi M.<sup>3</sup>, Benabdelouahab S.<sup>2,3</sup> et Casas A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géographie, Université Abdelmalek Essaadi, B.P. 210, Martil 93150, Maroc.

<sup>2</sup>Département de Géologie, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc.

<sup>3</sup>Département de Géochimie, Pétrologie et Prospection Géologique, Université de Barcelone, Espagne.

Email: [salhi01@gmail.com](mailto:salhi01@gmail.com)

L'aquifère de Ghis-Nekor constitue l'une des principales sources d'approvisionnement des populations de la province d'Al Hoceima, au Nord du Maroc. L'accroissement rapide de la demande en eau est contrarié par l'irrégularité climatique et la dégradation de la qualité des eaux en raison de l'augmentation des rejets polluants sans traitement préalable.

La cartographie de la vulnérabilité et du risque de pollution constitue un outil d'orientation et d'aide à la prise de décision pour un aménagement durable du territoire. La combinaison des cartes de vulnérabilité et de danger génère un document cartographique qui détermine la probabilité de souffrir un dommage engendré par un danger potentiel (carte de risque de pollution). Cette carte témoigne que 89 % de la surface de la plaine présente un risque de contamination élevé à très élevé ; d'où la nécessité de la mise en place immédiate d'un plan de gestion durable basé sur la restriction des activités polluantes, la restitution de la qualité des eaux souterraines et l'amélioration de la conscience vis-à-vis de la dimension environnementale.

**Mots-clés** : risque de pollution, vulnérabilité, aquifère de Ghis-Nekor

## **PARTICIPATION ET CONFLIT, COMMENT PEUT-ON RELATIVISER CES DEUX CONCEPTS POUR UNE MEILLEURE GESTION DE LA RESSOURCE NATURELLE?**

**Sayah Maha<sup>1</sup> et Guenet Michel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté de l'Aménagement, Université de Montréal - Canada

<sup>2</sup>Faculté des Sciences Agadir, Université Ibn Zohr - Maroc

Email: [maha.sayah@umontreal.ca](mailto:maha.sayah@umontreal.ca)

Le contrôle d'un territoire ou d'une ressource naturelle est fréquemment l'objet du conflit, particulièrement dans les zones connaissant un état de dégradation ou de pénurie des biens communs. L'idée du conflit suscite une réaction de réprobation et d'intérêt. De ce fait, plusieurs modes de gestion des conflits liés à l'usage de la ressource ont été mis en place. Cependant, ces modes sont tributaires de la capacité de différents intervenants du territoire à arriver à un consensus suffisant pour pouvoir coopérer sur la question de préservation de leur milieu naturel.

La communication proposée vise à présenter un cadre d'analyse pour la gestion des ressources naturelles afin de comprendre deux concepts étroitement reliés : la gestion des conflits et la participation comme une approche fondamentale dans l'exécution des actions territoriales. Nous suggérerons un cadre conceptuel illustrant le rapport social comme une relation de coopération conflictuelle en élaborant un concept systémique avec ses dimensions et indicateurs.

Étant donné que nous procéderons à une évaluation complexe des processus de concertation pour la gestion des ressources naturelles, nous aborderons par la suite la méthodologie de la recherche en présentant la méthode « RELIEF ». Celle-ci est considérée comme un outil permettant d'intégrer aux critères quantitatifs simples des critères qualitatifs basés sur le ressenti des acteurs et qui vise la compréhension ce dont le processus de concertation est porteur dans le temps et l'espace.

## **VALORISATION D'UNE ARGILE ANIONIQUE DE SYNTHÈSE POUR LA DÉPOLLUTION DES EAUX DE L'INDUSTRIE TEXTILE**

**Sayah N.<sup>1</sup> et Bakhti A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Chimie des Eaux et des Sols, Université Abdelhamid Ibn Badis, B.P. 992 RP  
Mostaganem (27000), Algérie.

Email: [samaseg@gmail.com](mailto:samaseg@gmail.com) , [bakhti02@yahoo.fr](mailto:bakhti02@yahoo.fr)

Les eaux résiduaires des industries textiles sont chargées de nombreux polluants organiques, notamment de certains colorants de synthèse. Ces derniers sont souvent utilisés en excès pour améliorer la teinture et de ce fait les eaux de rejet se retrouvent fortement concentrées en colorants. De plus, certains colorants, surtout ceux qui sont à base de dérivés phénoliques, posent d'importants problèmes. Leur faible biodégradabilité rend les traitements biologiques difficilement applicables et leur élimination des eaux de rejet, basée sur la floculation par le sulfate ferreux et la chaux, n'est pas toujours efficace (Yariv and Cross, 2001).

L'utilisation des argiles anioniques pour l'élimination de polluants organiques a attiré l'attention de nombreux chercheurs (Ni et al., 2007; Hu et al., 2007). Avec des capacités d'échange parmi les plus fortes chez les échangeurs anioniques (De Roy et al., 1992) et une surface hydroxylée très réactive, les argiles anioniques sont des matériaux intéressants pour l'adsorption et l'intercalation d'anions polluants (Zhu et al., 2005 ; Ni et al., 2007; Hu et al., 2007).

Dans cette optique, nous avons étudié les phénomènes physico-chimiques qui régissent les interactions entre une argile anionique de synthèse et un colorant de synthèse, afin d'utiliser cette compréhension au niveau fondamental pour diminuer la biodisponibilité de ce dernier. Le colorant étudié est le rouge chlorophénol car il présente de sérieux problèmes de pollution (Hermosin et al., 1996).

L'argile anionique Mg-Al-CO<sub>3</sub> a été préparée par une méthode de coprécipitation à pH constant (De Roy et al., 1992). Les études par diffraction des rayons X et analyses physico-chimiques ont montré que le matériau obtenu correspond bien à un composé de type hydrotalcite avec une bonne cristallinité et sa capacité d'échange anionique est de l'ordre de 354 meq/100g.

L'interaction de l'argile avec le rouge chlorophénol montre que la cinétique d'adsorption suit une expression de vitesse du second ordre. L'influence du pH, de la masse de l'adsorbant et de la concentration initiale en colorant a été étudiée afin d'optimiser l'adsorption. Cette étude révèle, que l'argile calcinée pourrait être un bon candidat pour le piégeage de ce polluant. En effet, le traitement de solutions contenant de 0 à 1,5 mmole/l en rouge chlorophénol a donné des résultats encourageants. La capacité d'adsorption de ce matériau calciné pour ce colorant est d'environ 1,94 mmole/g. Enfin, l'étude de la régénération par calcination-reconstruction de l'adsorbant indique que le recyclage de l'argile calcinée est possible. Ceci suggère notamment que cette dernière pourrait constituer d'intéressants supports pour le piégeage de ce polluant.

**Mots-clés :** Colorants de l'industrie textile, argile anionique de synthèse, adsorption.

**Références bibliographiques**

De Roy A., Forano C., El Malki K., Besse J. P. *Anionic clays: trends in pillaring chemistry. In Synthesis of microporous materials*, (M. L. Occelli, H. E. Robson., Eds). Van Nostrand Reinhold, New-York, (1992) 108-169.

Hermosin M. C., Pavlovic I., Ulibarri M. A., Cornejo J. *Hydrotalcites as sorbent for trinitrophenol: sorption capacity and mechanism*, *Water Research*, 30 (1996) 171-177.

Hu Q., Xu Z., Qiao S., Haghseresht F., Wilson M., Lu G. Q. *A novel color removal adsorbent from heterocoagulation of cationic and anionic clays*. *Journal of Colloid and Interface Science*, 308 (2007) 191-199.

Ni Z., Xia S. J., Wang L. G., Xing F. F., Pan G. X. *Treatment of methyl orange by calcined layered double hydroxides in aqueous solution : Adsorption property and kinetic studies*. *Journal of Colloid and Interface Science*, 316 (2007) 284-291.

Yariv S., Cross H. *Staining of clay minerals and visible absorption spectroscopy of dye-clay complexes. In: Organo-clay complexes and interactions*, (S. Yariv, H. Cross., Eds). Marcel Dekker, New York, (2001) 463-566.

Zhu M., Li Y., Xie M., Xin H. Z. *Sorption of an anionic dye by uncalcined and calcined layered double hydroxides: a case study*. *Journal of Hazardous Materials*, B120 (2005) 163-171.

## THE ROLE OF TREATED WASTEWATER REUSE IN THE DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES AND AGRICULTURE IN WEST BANK OF PALESTINE EIN ALSULTAN SPRING CASE

Sbeih Mohammed Yousef<sup>1</sup>

<sup>1</sup>P.O. Box 1664 ramallah, West Bank

Email: [sbeih2005@yahoo.com](mailto:sbeih2005@yahoo.com)

Water is always considered as an essential factor of life and development in arid and semi-arid countries. Irrigation consumes about 75% from all of the water utilized in Palestine, so water should be managed properly in order to utilize the water efficiently, economically and insure the sustainability of these projects. However the percentage of the irrigated area in west bank is not more than 6%, where it didn't exceed 12% in Palestine. The use of wastewater in agriculture is growing due to water scarcity, population growth, and urbanisation, which all lead to the generation of yet more wastewater in urban areas. Wastewater can be used to substitute for other better-quality water sources, especially in agriculture – the single largest user of freshwater and wastewater worldwide. Palestine is suffering from severe shortages of fresh water caused by Israel's exploitation of Palestinian water resources. Predicted population growth and rise in living standards could further threaten water supplies. In light of this, wastewater is an invaluable resource that may successfully be used for irrigation upon treatment. The rural population in the West Bank constitutes around 60% of

the total population living in more than 450 villages. At present, rural Palestinian areas dispose of the waste water using cesspits, most of which have no cement base or liner allowing sewage to infiltrate into the earth, potentially polluting the ground water. Owners often avoid using the expensive services of the vacuum tankers to empty them. 12 % of Palestinian communities have wastewater collection systems while 43% of the population are connected to wastewater networks. It is estimated that about 50 MCM of wastewater was generated in the year 2006 in the west bank. This quantity is about two-third the quantity of irrigation water used in the west bank .This quantitative can be used in agriculture which will help in increasing the agricultural products as will provide hundred of jobs as will as leave the fresh water to be used for domestic purposes. Ein a sultan in JERICHO is the best example of this. The total irrigated area in west bank is about 125000 dunums ,where the area that can be irrigated easily in the west bank is a bout 600000 dunum

Wastewater generated in most of the rural areas of Palestine is disposed in open areas, directly in the street between houses or directly in the backyard for irrigation. These wet areas attract flies and mosquitoes with the obvious associated health risks and produce a considerable amount of noxious odors. Few villages (1-2% of total villages) have succeeded in installing wastewater collection system. Livelihoods, Water Availability and Wastewater Use

Most livelihood activities depend on the availability of water. However, in many semi-arid and arid regions of the world, freshwater is a scarce resource. Fresh surface water is usually also only available in sufficient quantities during the rainy season. But, the rainy season may only last for 4 months during which rainfall can be erratic, necessitating irrigation. Water for irrigation is also required for the long dry season. Groundwater may be expensive to access because of low water tables that translate into the high costs associated with drilling wells and pumping the water. Seeking other sources of water to support livelihoods therefore becomes critical to the question of poverty reduction. Near urban centres wastewater is often available year-round in sufficient quantities. It is in this context that wastewater needs to be studied as natural capital required to sustain the means of living in arid and semi-arid, drought-prone areas.

In many arid and semi-arid regions, wastewater use may either be the only option, or the only economically viable option available to many groups of people. Livelihood activities directly dependent on wastewater are practised by different social groups on different scales and include (but are not limited to) agriculture, agro-forestry, livestock rearing, aquaculture, floriculture, and the washing of clothes<sup>1</sup>. Activities indirectly dependent on wastewater include the sale of seeds, pesticides and other inputs to wastewater farmers, rental of harvest machinery or equipment, agricultural labour, services related to the transportation of produce to markets, marketing produce, animal husbandry with purchased wastewater-irrigated fodder and the provision of fish seedlings for pisciculture

Both the demand for and supply of wastewater for irrigation are increasing in many areas [well established but incomplete]. Demand is driven by the attractive returns farmers can earn from producing fruits and vegetables in urban and peri-urban settings. Demand also rises with increasing competition for limited water resources in deltaic areas and large-scale irrigation schemes. The supply of wastewater expands with population growth in large cities, towns, and villages throughout the developing world. In many communities the volume of wastewater has increased faster than the ability to build and operate treatment facilities, and as a result more wastewater is released into open ditches or discharged into agricultural drain.

## REMOVAL OF PHENOL FROM WASTE WATER USING DIFFERENT TYPES OF SEMICONDUCTING CATALYSTS

**Seddigi Zaki Shakir<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Chemistry Umm Al-Qura University Makkah, Saudi Arabia.

Email: [zsseddigi@uqu.edu.sa](mailto:zsseddigi@uqu.edu.sa)

Phenol is very important for oxidation processes in industrial and environmental photo-chemistry as well as biological systems. The Oxidation reactions involving phenols are gaining great significance due to their important roles as antioxidants and polymer photo-sensitizers. Phenol is considered to be great threat to the environment and even its contamination in water at few ppm level is highly carcinogenic to humans and animals. Phenolic compounds are also toxic to water living species (plants and animals) and have the ability to impart tastes and odors to drinking water even at parts per billion level. Many techniques have been applied for removal and degradation of phenolic compounds present in waste water. In this work, laser induced photo-catalytic process was applied for catalytic activity comparison of four semiconducting catalysts ( $\text{WO}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ) for phenol degradation in water using pulsed laser at 355 nm for the first time. For comparative study, important parameters such as % phenol degradation, pH of the solution, photonic efficiency and reaction rates were investigated. The maximum degradation was achieved using  $\text{WO}_3$  catalysts. The degradation process obeyed first-order kinetics.

## USE OF A MULTIDISCIPLINARY APPROACH FOR DETERMINING THE RECHARGE ALTITUDE OF THE MAIN SOURCES OF SEBOU BASIN – MOROCCO

**Sefrioui Soumaya<sup>1</sup>, Fassi Fihri Omar<sup>2</sup>, El Ouali Abdelhadi<sup>1</sup> and Marah Hamid<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Equipe de recherche «hydrogéologie et environnement», Faculté des sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc.

<sup>2</sup>Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement, Service Eau de Meknès, Maroc.

<sup>3</sup>CNESTEN, Maamora, Maroc

A multidisciplinary approach is used for the definition of recharge areas for 24 major sources of the Sebou basin. It focuses on the use of oxygen 18 and deuterium in addition to chemical and hydrogeological characterization of these sources. Chemical characterization of these waters shows that their composition reflects that of rock reservoirs that drain on the one hand and their evolution during their flow in these reservoirs other. The analysis of the evolution of deuterium as a function of oxygen 18 is used to draw a line similar to local rainfall analyzed in Fès station, indicating that the aquifers are recharged by rapid infiltration, without significant evaporation of rainwater. The isotopic contents emerging from two sources near their catchments are used to define an elevation gradient for oxygen 18 set at -0.27 ‰ by 100m. The application of this gradient to isotopic contents of other sources analyzed leads to altitudes of recharge of these sources. The comparison of these results to local and regional hydrogeological data shows a significant correlation for sources whose catchments were known, and a valuable guidance for sources whose basins are poorly known, with altitudes of recharge that can be 1090 m higher than the emerging areas. These results help is certain to identify the recharge areas of the sources, and thus to define a strategy to protect this resource.

**Keywords:** springs, recharge altitude, gradient isotopic oxygène18, deuterium, GIS, Sebou Basin, Morocco.



## REVEALING BY THE HYDROGEOLOGICAL AND ISOTOPIC TOOLS THE LATERAL MIXTURE BETWEEN TWO RESERVOIRS AT THE LEVEL OF THE BASALT AQUIFER OF TIGRIGRA – MOROCCO

**Sefrioui Soumaya<sup>1</sup>, Fassi Fihri Omar<sup>2</sup>, El Ouali Abdelhadi<sup>1</sup> and Marah Hamid<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Equipe de recherche «hydrogéologie et environnement», Faculté des sciences, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc.

<sup>2</sup>Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement, Service Eau de Meknès, Maroc.

<sup>3</sup>CNESTEN, Maamora, Maroc

Water of quaternary basalts of the Tigrigra plain is used for the drinkable water supply, for the irrigation and for the fish farming. The inventory of water sources estimates them at more than forty springs, and hundred and fifty collective and private wells and drillings. The flows of the springs of the plain exceed the infiltrations of rainwater on the surface of this reservoir. The origin of this surplus of flow is looked for through a multidisciplinary approach which uses the hydrogeological and isotopiques tools. A database on system of geographical information is used to capitalize the information and edit the various maps. The results of this approach show that The basalt tablecloth of Tigrigra is also fed laterally from the causses moyen - atlasiques tablecloth at the level of both sectors of Sidi Rached and Ain Leuh. This mixture is confirmed by the analyses of the oxygen 18 and the deuterium within three main springs of the plain. Indeed, the isotopique composition in these springs place them on a right of mixture on the diagram binding these two isotopes, with a more impoverished pole situated within the causses moyen-atlasiques (Ain Sidi Rached), and the other one more enriched situated within the plain (Well not fed by water of limestone). The contribution of the causses moyen-atlasique limestone is determined through the isotopique balance of Oxygen 18. This balance shows the dominance of this contribution in waters of the biggest springs of Tigrigra, understood between 80 and 87 %. In the detail, this contribution of waters of decreases since the first contribution because it is estimated at 87 % at the level of Ain Aghbal and at 80 % at the level of Aghbalou N-Tolba (more downstream). On the meeting of the second contribution through the lava flow of Tiouririne, their contribution increases to reach 84 % at the level of Ain Amghass.

**Keywords:** hydrogeology, isotopes, oxygen 18, deuterium, GIS, mixture, causses moyen- atlasiques, basalt aquifer, Tigrigra, Morocco.

## LES SOURCES MINÉRALES DANS LA RÉGION DE TEBESSA (NE ALGÉRIEN) : CARACTÉRISATION GÉOLOGIQUE, HYDROGÉOLOGIQUE, HYDROCHIMIQUE

**Seghir Karima<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences exactes et Sciences de la Nature et de la vie, Université de Tébessa, Algérie.

Email: [seghir\\_karima@yahoo.fr](mailto:seghir_karima@yahoo.fr)

Le Nord Est Algérien possède des potentialités énormes en eau minérales et thermales dont la majorité des sources sont captées d'une façon artisanale et parfois complètement dépourvues de captage.

La région de Tébessa est caractérisée par un climat semi-aride de type continental. Elle a connu au cours de ces dernières années (1980/2000) une sécheresse très intense qui s'est traduite par : un rabattement général du niveau statique des nappes, et un tarissement des plus importantes sources minérales parmi les plus exploitées sont celles de Ain chabro, Youkous, Gaagaa, Gastel, Elkhanga.

De point de vue géologique, la région d'étude comprend une série stratigraphique qui s'échelonne du Trias au Quaternaire, recouvrant ainsi plusieurs formations aquifères dont les plus importantes sont datés du Mæstrichtien, Turonien et éocènes (calcaires fissurés aux bordures). Les coupes

géologiques établies montrent que les sources minérales existantes dans la région sont émergentes à la faveur d'accidents tectoniques profonds.

Des mesures in situ du débit des sources et son régime d'évolution, ainsi que des analyses chimiques et bactériologiques ont été réalisées. L'interprétation des résultats montre que ces fameuses sources ont subi des fluctuations saisonnières des débits et des températures ainsi que leur chimisme indiquant, par conséquent, leur alimentation par les eaux superficielles.

**Mots-clés** : Sécheresse, calcaires fissurés, sources minérales, débit, pollution, protection.

### **VULNÉRABILITÉ À LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RÉGION TEBESSA-HAMMAMET (EST ALGÉRIEN)**

**Seghir Karima<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences exactes et Sciences de la Nature et de la vie, Université de Tébessa, Algérie.

Email: [seghir\\_karima@yahoo.fr](mailto:seghir_karima@yahoo.fr)

Comme dans toutes les régions de l'Afrique du Nord, notamment du Maghreb, la région du grand bassin Mèllègue a connu au cours des vingt dernières années une sécheresse très intense et persistante. Cette sécheresse est caractérisée par un déficit pluviométrique considérable, a eu un impact très négatif sur les régimes d'écoulement des oueds et des sources et sur l'alimentation des nappes aquifères.

Ce déficit hydro pluviométrique s'est répercuté sur l'ensemble des activités socio-économiques de cette région surtout sur son développement agricole. Par ailleurs ce phénomène a eu ainsi un impact écologique en dégradant en général l'environnement et en favorisant notamment la pollution des eaux et le dépérissement du milieu naturel.

Devant la gravité de cette situation qui intervient dans une période où les besoins en eau pour les différents usages sont considérablement accrus, il est important de mettre en place une politique qui permettrait d'accroître et protéger nos ressources en eau.

Dans le but de localiser les zones vulnérables à la pollution et leurs origines, des analyses hydro chimiques des eaux et des mesures piézométriques ont été réalisées pendant les périodes des Hautes et Basses Eaux des années 2005, 2006.

Le calcul de l'indice de contamination nous a permis de dresser des cartes de vulnérabilité sur lesquelles on a distingué trois zones à degré de contamination croissant. D'autre part, le calcul du pouvoir épurateur de la couche superficielle de la nappe selon la méthode de RHESE 1977 a montré que la zone est bien protégée, cela nous a laissé poser autant de questions sur l'origine de la pollution des eaux et les points responsables de leur diffusion dans la nappe.

**Mots-clés** : vulnérabilité, pollution, indice de contamination, pouvoir épurateur, protection.

### **APPLICATION OF WEAP IN SIMULATION OF WATER RESOURCES MANAGEMENT SCENARIOS IN DINAJPUR SADAR UPAZILA, BANGLADESH**

**Shafiqur Rahman Md.<sup>1</sup> and Salehin Mashfiqus<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Environmental Specialist, SMEC Bangladesh Ltd.

<sup>2</sup>Institute of Water and Flood Management (IWFM), BUET, Dhaka-1000, Bangladesh

Email: [mashfiqusslehin@iwfm.buet.ac.bd](mailto:mashfiqusslehin@iwfm.buet.ac.bd), [srahman28@gmail.com](mailto:srahman28@gmail.com), [srahman@smecbd.com](mailto:srahman@smecbd.com) Email :

Managing water resources in the current world climate is a major challenge including Bangladesh. In Bangladesh, with the growing population and economic development, demand of water has also grown considerably creating stress on this finite resource. A burning question now is how the water needs can be satisfied in a secure manner. Decision Support Systems (DSS) can play

important roles in planning of water resources management, including demand management strategies. Water Evaluation and Planning System (WEAP) is such a DSS that is being increasingly used in integrated water resources management (IWRM) across the world. This study presents a pilot attempt in the development and application of an integrated water management decision support system using WEAP in Dinajpur Sadar Upazila in the northwest region of Bangladesh. The major water uses in the study area are irrigation, domestic and industrial water use. The study area is the Dinajpur Sadar Upazila, which is characterized as having a crisis for agricultural production during the dry season because of unavailability of surface water in the river. Groundwater of the basin is extensively used for irrigating agricultural lands. With the current cropping pattern and its irrigation demand, the existing distribution of DTWs is not able to cover the entire study area. Water demand throughout the study area is also on the rise because of increase in human population, which causes a strain on agricultural production, household, industrial and other sectors. Meeting demand of various water uses, especially irrigation is a critical issue of the study area. Demands of water for agriculture (irrigation), urban use, rural use, industrial use, and in-stream requirements were estimated as accurately as possible for the study area. The river water source was allocated, after meeting the environmental or in-stream flow demand. Increased irrigation efficiency through the application of irrigation efficiency management tools would reduce unmet demands significantly; however, there will remain considerable demand unmet in future, especially in the critical month of April. Irrigation efficiency management tools do not reduce the unmet demands fully especially in later years; use of deep tube wells (DTWs) is an alternative strategy to meet the demand fully. However, combination of expansion of DTWs and irrigation efficiency management tools would substantially reduce the required number of DTWs in the study area. Implementation of rubber dam in the study area could be a strategy, which would meet water unmet water demands in the command areas in study areas unions all months till 2045.

**Keywords:** WEAP model, IWRM, Water demand, Water allocation, Water demand management

#### **INTEGRATION OF ENVIRONMENTAL AND ECOSYSTEM RESPONSES TO “SEASONALITY” IN SURFACE WATERS AND GROUNDWATER SYSTEMS POTENTIALLY AFFECTED BY CLIMATE CHANGES**

**Shapouri M.<sup>1</sup>, Tavares PC.<sup>1</sup>, Ribeiro L.<sup>1</sup>, Nascimento J.<sup>1</sup>, Stigter T.<sup>1,2</sup>, Monteiro JP.<sup>2,4</sup> and Cancela da Fonseca L.<sup>4,5</sup>**

<sup>1</sup>CVRM - Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa, Portugal:

<sup>2</sup>CVRM - Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

<sup>4</sup>FCT, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

<sup>5</sup>LMG/CO (FCUL), Av. N. Sra. Cabo, 939, 2750-374 Cascais, Portugal

Email: [maryamshapouri@gmail.com](mailto:maryamshapouri@gmail.com), [maryamshapouri@gmail.com](mailto:maryamshapouri@gmail.com), [paula.tavares@ist.utl.pt](mailto:paula.tavares@ist.utl.pt)

Climate changes may alter “seasonality” patterns described for hydrological regimes and biological communities of southwestern Europe. Temporal and spatial variability was assessed for several environmental variables potentially affecting biological communities in surface waters and groundwater of Sado-Basin (SB). Groundwater (GW) was compared between SB and other hydrogeological systems during a period larger than 8 years, and having different spatial scales: Gabros-de-Beja (GB), and Maciço-Antigo-Indiferenciado (MAI). Variables chosen were conductivity, pH, dissolved oxygen, total nitrate and orthophosphate, and also total organic carbon and total ammonium in the case of GW. Analysis of variance was applied to test the effect of factors such as season, year and system for GW, and season, year and habitat (dam and river) for surface waters within SB.

High spatial heterogeneity was observed in surface waters as given by inter-habitat variability, and also in groundwater as given by inter-system variability; significant differences were observed between the three GW systems for all variables. Results of SB revealed that GW showed more resilience than surface waters regarding long-term (inter-year) and short-term (intra- and inter-seasonal) variations, but not so much as we expected. Significant differences occurred between winter and other seasons for conductivity in GW of SB. Moreover, the long-term temporal trends observed for several variables in GW enabled to detect fluctuations over time for SB and GB. Finally, the interaction between the two factors season and GW system revealed a significant effect on conductivity. Since conductivity marked variations in systems at different spatial and temporal scales, it should be always monitored when choosing sampling sites for the study of climate effects on biological communities.

Two projects are currently collecting fauna as indicators of climate changes in groundwater dependent ecosystems. These projects enabled going forward and study not only the comparison between surface and groundwater within each system but also specific variations in interface areas (surface waters receiving GW through springs) and their biological communities. Invertebrates inhabiting interface areas between GW and surface waters react to high variable conditions for short spatial scales and may contribute to the study of ecosystems undergoing short-term changes as in the case of drought events. Preliminary results of Climwat project were obtained in Arade river (south of Portugal) and revealed a dominance of crustacean fauna from Amphipoda in GW interface area with average conductivity lower than 9.4 mS, and also Decapoda in saltmarsh interface areas with average values from 9 to 35 mS.

## **INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT THROUGH LINKING OF MAJOR RIVERS IN INDIA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**Sharma S. K.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Environmental Educator Carman School, Dehradun 248007, India

Email: [SKS105@rediffmail.com](mailto:SKS105@rediffmail.com)

Of the country's total geographical area of 329 million hectare, 40 million hectare is prone to floods, out of which 32 million hectare can be provided with reasonable degree of protection. Till March 2004 an area of 16.46 million hectare has been provided with reasonable degree of protection against flood by construction of embankments rather than dams (except a few which are primarily constructed for the purpose of flood control), drainage channels and by raising villages. India has a variable monsoon climate and is subjected to cyclical flood and drought. The country has a large network of rivers with an estimated annual flow of 1900 Km<sup>3</sup>, much of which occurs from June to September. Total withdrawal of water are estimated to be 750 Km<sup>3</sup> currently, and have been projected to increase to 1050 Km<sup>3</sup> by 2050. At present, to mitigate the damages from floods, a nationwide Flood Forecasting and Warning System are establishes by the Government. Forecasts about water level in rivers likely to be attained as result of floods and volume of inflow into reservoirs are formulated and disseminated to various administrative authorities, media and other users in order to reduce the loss of human lives and miseries, and immovable properties. According to the UN report, in the Himalayas, rapidly melting glaciers due to global warming are causing floods followed by a dip in river flow. Such decrease can be witnessed in the Gangetic plains which is turning from fertile to infertile in the northern part of India where the snow fed perennial river Ganga, originating from the Gangotri glacier in Himalayan flows throughout the year. Quirky weather sees eastern Bihar in north India getting twice as much rainfall as normal, resulting in flash floods. Many of the rivers in the north of India are frequently affected by floods and discharge copious amount of water during monsoon months of June to September every year. Cholera and malaria cases increase because of floods. Food production is expected to drop by 30% by 2050, devastating an agriculture-led rural economy of India. Food

insecurity and loss of livelihood along with cultivable land is a nightmarish scenario. However, the rivers of southern part of India are monsoon fed and faces severe drought, in case the monsoon fails. The only solution is the linking of north-south rivers so that the massive surplus flood water from the northern part be transferred to the deficit water prone rivers of south in order to get rid of floods in the north and droughts in the south. The scheme envisages effecting 30 river links. The idea of inter-basin transfer, at first instance, envisages the construction of a Ganga – Cauvery Canal, drawing nearly 60000 cusecs of flood flows of the Ganga near Patna in the north for about 150 days in a year and link it up with water starved river Cauvery in the south. The cost of the project is estimated to be somewhere between Rupees 560000 crores and Rupees 56000 crores (1 US\$ = Rupees 40 and 1 crore = Ten million) a year, if it is to be completed in a decade. Government of India has a very ambitious plan for an integrated water resources management through linking major flood prone rivers of north with the drought prone rivers of south India for achieving a Socioeconomic Sustainability in the country.

**Keywords:** embankment, flood forecasting, monsoon, quirky weather, river linking.

## **PUBLIC PARTICIPATION IN COMMUNITY-BASED WATER RESOURCE MANAGEMENT: A CASE OF AGRICULTURAL AREAS OF THAILAND**

**Sharp Alice<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sirindhorn International Institute of Technology, Thammasat University

Pathumthani, Thailand

Email: [alice@siit.tu.ac.th](mailto:alice@siit.tu.ac.th)

Water resource is a major and vital ingredient to human kind as water resource has its influences in all sectors. However, with increasing pressure on natural resources from demographic and socio-economic factors, the poor management of resources often led to conflicts over resource sharing. Thailand with its agricultural based economy has faced several conflicts over water resources. Improper water resources management has fueled further problems related to health, socio-economic and environmental quality. Thus, integrated water resources management (IWRM) has widely received a lot of attention as an approach to ensure the integration of water resource use and management into the national and local economic in an equitable manner for all stakeholders. This paper analyses the importance of public participation in the process of IWRM implementation. The paper discusses IWRM's strengths and weaknesses and its justification in implantation at the community level. Case studies from different agricultural communities in Thailand have been analyzed and the factors influencing effective implementation of IWRM are identified. It can be concluded that participation of local communities as well as governmental policies play crucial roles in the implementation. Changes in policy network for addressing threats to freshwater resources especially from agricultural pollution are of essential.

**Keywords:** Integrated Water Resource Management (IWRM), public participation, agricultural environment, resource management policy.

**'WATER-WHOLES': MISSING LINKS AND HIDDEN CONNECTIONS. THE CONTRIBUTION OF SYSTEMS THINKING AND ECOLOGICAL ECONOMICS TO DESIGNING SUSTAINABLE DEVELOPMENT RESPONSES TO WATER CRISES**

**Simon Sandrine<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Environmental Systems Open University. Communication and Systems Department Walton hall.  
Milton Keynes, MK7 6AA, United Kingdom

Email: [s.m.simon@open.ac.uk](mailto:s.m.simon@open.ac.uk)

Systems thinking involve a holistic approach that looks at the behaviour of wholes, and the many interconnections between the components. It is useful for investigating complex situations and for taking account of the various agents interacting in the world as systems.

A systemic view of the relations between economy and environment is provided by Ecological Economics, described as the 'science of sustainability'. In this interdisciplinary framework, the economy is seen as embedded in the ecosystem and in a structure of property rights on environmental responses and services, in a social distribution of power and income, in social structures of gender, social classes or castes. Ecological Economics is thus closely linked to political economy and political ecology.

Both these approaches can help in constructing a picture of complex problems that is more complete than that depicted by mainstream disciplines used in isolation.

In the context of issues related to water, this is crucially important because of the multidisciplinary nature of 'water problems'. This multidisciplinary nature was, for too long, ignored in water management systems. Until recently, decisions related to water management were often solely economically led, and/or conducted by engineers.

A combination of important events has shaken the way in which we look at water problems. These events include, for instance, the publication, in 2000, of the World Commission on Dams (which highlighted the fact that the construction of large dams is generally not accompanied by the assessment of environmental -negative - impacts and social and cultural damages that these generate), or the analyses of water conflicts, within national boundaries or amongst sharing riparian countries, or the denunciation of environmental injustices through incidents of 'environmental racism' and the pollution of water resources used by deprived sectors of a population. Analysing these various water problems has confirmed the multidisciplinary and complex nature of water issues and, in the process, helped understand the links between 'development' and 'environmental issues' in a new light. The concept of sustainability encompasses these crucial links and can help design more sustainable water management strategies, provided that it remains grounded in practices and in the social, economic and political realities of developing countries.

Since water is the core natural resource without which economic activities and life is not possible, it is important to understand how water can be managed for 'development' to be sustainable.

At the beginning of the 1990s, 'development' was critically re-visited as a notion and the failure of development models based solely on economic growth and neo-classical interpretation of economics were discussed. In line with international events such as the Rio conference (1992) on environment and development, it was suggested that 'development' should be based on the principles of 'sustainable development' (based on principles which advocate the management of resources in such a way that future generations are in a position to still meet their own needs). From then, various interpretations of 'sustainable development' were created, that were not always compatible. Some, in particular, were based on neo-liberal principles - in that case, natural resources are viewed and valued as 'capital' and economic activities must ensure that this capital is being maintained. Substitution are allowed, and natural resources can be exchanged provided that anthropogenic needs are being met. This can lead to major ecological and social disruptions and, in this paper, we suggest to align ourselves to an ecological understanding of 'sustainable development', as that suggested by Herman

Daly (famous author of 'For the Common Good', 1994), who proposed that "the word development should mean qualitative changes in the economic and social structure, while 'growth' means an increase in the scale of the economy which cannot probably be ecologically sustained. 'Sustainable development' is thus acceptable to most ecological economists while sustainable growth is not". By doing so, we acknowledge the political nature of sustainable water management systems and the fact that sustainable water management systems should improve people's livelihoods and ecosystems' health while contributing to economic improvements.

Using Ecological Economics and Systems Thinking in complementary ways, this paper analyses some successful examples of water management in developing countries and suggests some methods for ensuring that newly designed water management systems can also be successful and tackle some of the major components of the world water crisis.

## **COMPARAISON DE QUATRE MÉTHODES DE CARACTÉRISATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES NAPPES À LA POLLUTION. APPLICATION À LA NAPPE DU HAOUZ DE MARRAKECH (MAROC)**

**Sinan M.<sup>1</sup>, Bouibrine N.<sup>1</sup> and Razack M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Centre d'Etudes et de Recherches en Ressources en Eau (CERHYDREAU). EHTP, Km 7, Route d'El Jadida, BP.8108, Casablanca, Maroc.

<sup>2</sup>Université de Poitiers, UMR 6532, France

Email: [sinan\\_mohamed@yahoo.fr](mailto:sinan_mohamed@yahoo.fr)

Le Maroc, pays aride à semi-aride, est caractérisé par des ressources en eau mal réparties à la fois dans le temps et dans l'espace. De plus, ces ressources connaissent une dégradation de leur qualité, par les rejets d'eaux usées brutes (domestiques et industrielles), par les décharges des déchets domestiques et industriels et par l'infiltration des éléments chimiques (notamment les nitrates) au niveau des périmètres agricoles (en raison de l'utilisation excessive des engrais chimiques).

La préservation de la qualité de ces ressources en eau est devenue une priorité pour satisfaire le développement socio-économique du pays et pour garantir la satisfaction des besoins en eau des générations futures.

La protection de cette ressource en eau commence par la caractérisation de sa vulnérabilité à la pollution, qui traduit la facilité avec laquelle elle peut être atteinte par une pollution provenant de la surface du sol.

Plusieurs méthodes de caractérisation de la vulnérabilité à la pollution sont citées dans la littérature internationale. L'objet de ce travail de recherche est d'analyser les performances de quatre de ces méthodes : DRASTIC, DRASTIC modifiée (Sinan, 2004), GOD et Minnesota.

Le calcul de l'indice de vulnérabilité des nappes à la pollution a été facilité par l'élaboration d'un système d'information géographique (SIG), outil permettant la superposition et le calcul entre plusieurs couches numériques. Chaque couche contient la répartition spatiale de la note attribuée à l'un des paramètres qualifiant la vulnérabilité.

La comparaison des méthodes utilisées a été testée avec succès sur la nappe du Haouz de Marrakech (disposant d'une banque de données hydrogéologiques et géophysiques très importante, acquise sur plusieurs décennies), avec utilisation du SIG ArcGIS. Sa vulnérabilité à la pollution est globalement moyenne à faible selon les secteurs.

La confrontation des résultats de ces méthodes aux historiques de la qualité de l'eau de la nappe, a montré que les méthodes DRASTIC modifiée (Sinan, 2000) et MINNESOTA reflètent mieux les variations spatiale et temporelle de la qualité de l'eau observée au niveau des puits et forages traversant la nappe du Haouz de Marrakech.

**Mots-clés** : Vulnérabilité, pollution, nappe, SIG, Haouz, Marrakech, Maroc

## ETUDE DE L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES RESSOURCES EN EAU. APPLICATION À TROIS BASSINS DU MAROC

**Sinan M.<sup>1</sup>, El Rherari M.A.<sup>1</sup> et Bousseta M.M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centre d'Etudes et de Recherches en Ressources en Eau (CERHYDREAU). EHTP, Km 7, Route d'El  
Jadida, BP.8108, Casablanca, Maroc.

Email: [sinan\\_mohamed@yahoo.fr](mailto:sinan_mohamed@yahoo.fr)

La hausse des températures moyennes à la surface du globe est la première conséquence attendue des émissions massives des gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Les relevés météorologiques confirment les anomalies positives de la température par rapport aux normales depuis 1861. Depuis 1976, la hausse s'est nettement accélérée, atteignant 0,18°C par décennie. Les années 90, marquées par une anomalie positive moyenne de 0,38°C dans l'hémisphère Nord et de 0,23°C dans l'hémisphère Sud, représentent la décennie la plus chaude qui ait été observée (OMM, 2005).

La présente communication a pour objet de présenter les résultats des travaux de recherche réalisée par les chercheurs du Centre d' Etudes et de Recherches sur les Ressources en Eau (CERHYDREAU) de l'EHTP relatives de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau du Maroc.

Les ressources en eau du Maroc sont caractérisées par une forte sensibilité au climat. Sur les 139 milliards de m<sup>3</sup> de précipitations moyennes annuelles, 80% sont perdues par évapotranspiration. Seules environ 16 % des précipitations constituent la pluie utile (environ 22 milliards de m<sup>3</sup>/an) et alimentent les cours d'eaux superficielles et les nappes d'eau souterraines. Les ressources en eau mobilisables par des moyens techniques et économiques acceptables sont estimées à environ 18 milliards de m<sup>3</sup>/an (soit seulement environ 13 % des précipitations annuelles moyennes), réparties en 14 milliards de m<sup>3</sup>/an d'eau superficielle et 4 milliards de m<sup>3</sup>/an d'eau souterraine.

Les travaux de recherche effectués prévoient une augmentation des températures moyennes du Maroc comprises entre 2.2 et 2.6 °C et une baisse moyenne des précipitations comprise entre 9 et 12 % à l'horizon 2050. Ces changements climatiques probables se traduiraient par une baisse des ressources en eau du pays variant entre environ 13 et 19 % selon les régions, avec une baisse moyenne d'environ 15.8 % (à l'horizon 2050).

Cette baisse probable des ressources en eau risque d'aggraver le stress hydrique du pays, d'accentuer la baisse des débits des cours d'eau et des apports aux barrages, ainsi que l'accroissement de l'approfondissement des niveaux des nappes d'eau souterraine. Ces baisses auront pour corollaire, une accentuation de l'avancée du biseau salé au niveau des nappes côtières, un tarissement d'un grand nombre de sources, une salinisation des nappes peu profondes (par l'augmentation de l'évaporation de leurs eaux) et des sols, une augmentation du coût des prélèvements d'eau dans les puits et les forages, etc.

Des mesures d'adaptation s'imposent pour atténuer les effets néfastes de ces changements climatiques sur les ressources en eau et sur l'environnement du Maroc de façon générale.

**Mots-clés** : CERHYDREAU, Changements Climatiques, Maroc, Ziz-Rheris, Sebou, Moulouya.



## **MODÉLISATION NUMÉRIQUE DE LA NAPPE DE FOU M EL OUED (MAROC) ET ANALYSE DES MODALITÉS DE SA RECHARGE ARTIFICIELLE ET DES PROCESSUS DE SA POLLUTION PAR L'INFILTRATION DES EAUX USÉES ET DES EAUX MARINES**

**Sinan M.<sup>1</sup>, Razack N.<sup>2</sup>, Filali M.<sup>3</sup> et Delaporte M.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Centre d'Etudes et de Recherches en Ressources en Eau (CERHYDREAU). EHTP, Km 7, Route d'El Jadida, BP.8108, Casablanca, Maroc.

<sup>2</sup>Université de Poitiers, UMR 6532, France.

<sup>3</sup>Secrétariat d'Etat Chargé de l'Eau et de l'environnement (SEEE).DRPE, Maroc.

<sup>4</sup>Soc. GEOATLAS, Maroc

Email: [sinan\\_mohamed@yahoo.fr](mailto:sinan_mohamed@yahoo.fr)

La nappe de Foum EL Oued est située au sud du Maroc au voisinage de la ville de Laâyoune et s'étend sur une superficie d'environ 250 km<sup>2</sup>. Elle circule dans des sables, calcaires et grès du Plio-Quaternaire et dans des alluvions de l'oued Saquia EL Hamra. Le substratum de la nappe est constitué par les marnes du Crétacé à Miocène supérieur.

L'écoulement général de la nappe s'effectue de l'Est vers l'Ouest (Océan Atlantique), avec un axe d'écoulement privilégié longeant l'oued Saquia EL Hamra. Les historiques piézométriques disponibles montrent une faible tendance à la baisse des niveaux d'eau de la nappe, évaluée à quelques cm/an. Les seules remontées des niveaux enregistrées coïncident avec les crues de l'oued Saquia EL Hamra (ex. 1987). Le bilan de la nappe est déficitaire d'un volume moyen annuel d'environ 1,7 Mm<sup>3</sup>/an.

L'aquifère est constitué des cinq couches différentes de salinité : < 3 g/l (couche d'eau douce exploitée par l'ONEP pour l'AEP de la ville de Laâyoune), entre 3 et 8 g/l, entre 8 et 15 g/l, entre 15 et 30 g/l et > 30 g/l (avancée du biseau salé). Le faciès chimique de l'eau est généralement du type chloruré-sodique

Les différentes simulations effectuées avec le modèle numérique de la nappe (élaboré avec le logiciel Ground Water Vistas), calé en régimes permanent et transitoire, ont montré que la zone optimale de la recharge artificielle de l'aquifère se trouve dans le tronçon du lit de l'oued Saquia EL Hamra situé en amont du champ captant de l'ONEP, sur une superficie d'environ 518 ha. La capacité maximale de recharge artificielle de la nappe a été évaluée à environ 23 Mm<sup>3</sup>/an.

Le modèle hydrodispersif a permis de mettre en évidence l'impact négatif sur la qualité des eaux de la nappe du rejet des eaux usées brutes de la ville de Laâyoune en amont de la nappe. Une épuration de ces eaux usées s'impose à court terme pour arrêter la propagation de cette pollution vers le champ captant de l'ONEP situé en aval de la nappe.

La simulation de l'intrusion des eaux marines (avec le module SEAWAT du logiciel de Ground Water Vistas) pendant les 20 années de fonctionnement du champ captant, a mis en évidence l'avancée du biseau salé le long de la côte atlantique et que le champ captant de l'ONEP accentue de façon significative l'intrusion marine dans l'aquifère.

**Mots-clés** : CERHYDREAU, Foum EL Oued, recharge artificielle, pollution, modèle hydrodynamique, modèle hydrodispersif, biseau salé, Maroc.

## RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE SAUMÂTRES DU MAROC. RÉPARTITION SPATIALE, POTENTIEL ANNUEL EXPLOITABLE ET VALORISATION

Sinan M.<sup>1</sup> et Filali M. J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre d'Etudes et de Recherches en Ressources en Eau (CERHYDREAU). EHTP, Km7, Route d'El Jadida, BP.8108, Casablanca, Maroc.

<sup>2</sup>Secrétariat d'Etat Chargé de l'Eau et de l'environnement (SEEE).DRPE, Maroc.

Email: [sinan\\_mohamed@yahoo.fr](mailto:sinan_mohamed@yahoo.fr)

Le potentiel en eau souterraine du Maroc, s'élève à environ 5 Milliards de m<sup>3</sup> par an, dont environ 4 Milliards de m<sup>3</sup> sont exploitables. Ce potentiel englobe une fraction non négligeable d'eau, dont la salinité est comprise entre 2 et 10 g/l.

L'objet de ce travail de recherche est de faire un inventaire national des nappes contenant des eaux saumâtres et d'évaluer leur potentiel global en vue de sa valorisation. Pour ce faire, un travail colossal de collecte, d'analyse et d'exploitation des données géologiques, hydrogéologiques et hydrochimiques a été mené au niveau de la DGH et des ABHs. Ces données ont été synthétisées dans une base de données et dans un système d'information géographique (SIG) élaboré avec l'outil ARG GIS. Ce dernier constitue un véritable outil d'aide à la décision pour les gestionnaires des ressources en eau du Maroc. Différentes cartes ont également été élaborées pour montrer la répartition spatiale des eaux souterraines saumâtres sur le territoire national.

Le potentiel en eau saumâtre exploitable au niveau national a été évalué à environ 570 Mm<sup>3</sup>/an, soit environ 14 % du potentiel national en eau souterraine exploitable.

Les nappes contenant des eaux souterraines saumâtres sont réparties pratiquement sur toute l'étendue du territoire national et particulièrement dans les régions arides et semi-arides du pays (sud et l'oriental) et dans les zones côtières (avancée du biseau salé).

Les nappes renfermant des potentiels importants en eau souterraine saumâtre exploitable sont notamment :

la nappe phréatique du Gharb (bassin de Sebou), avec un potentiel exploitable saumâtre d'environ 61 Mm<sup>3</sup>/an ;

les nappes du Sahel - Doukkala et des Béni Amir (bassin de Oum Er Rbiâa), avec chacune un potentiel exploitable saumâtre d'environ 37 Mm<sup>3</sup>/an ;

les nappes des Triffa (bassin de la Moulouya) et du Maïder (bassin de Ziz-Guir-Rheris), avec chacune un potentiel exploitable saumâtre d'environ 26 Mm<sup>3</sup>/an ;

la nappe de la Chaouia côtière avec un potentiel exploitable saumâtre d'environ 25 Mm<sup>3</sup>/an.

Ces nappes et les ressources en eau souterraines saumâtres qu'elles renferment peuvent jouer un rôle important pour le développement socio-économique des régions qui les contiennent, notamment pour la satisfaction des besoins en eau potable du milieu rural et pour le développement des activités agricole et industrielle génératrices d'emploi.

**Mots-clés :** CERHYDREAU, Eau souterraine saumâtre, Maroc, Base de données, SIG, Gharb, Doukkala, Béni-Amir, Triffa, Maïder, Ziz-Guir-Rhéris, Chaouiâ côtière.

## **SIMULATION DES PRÉCIPITATIONS ET DES ÉVAPOTRANSPIRATIONS MENSUELLES PAR UN MODÈLE STATISTIQUE. APPLICATION À LA STATION D'ALGER**

**Souag-Gamane Doudja<sup>1</sup> et Dechemi Noureddine<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Faculté de Génie Civil, BP. 32 El Alia, Bab Ezzouar, Alger, Algérie.

<sup>2</sup>Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, 10 Avenue Hacene Badi, BP 16182 El Harrach Alger, Algérie.  
Email: [souagd@yahoo.fr](mailto:souagd@yahoo.fr), [ndechemi@caramail.fr](mailto:ndechemi@caramail.fr)

La génération des séries synthétiques trouve son application dans l'optimisation de la gestion des barrages réservoirs. En général la simulation est destinée au design, la planification, les études opérationnelles des schémas de gestion de la ressource en eau ainsi que les études des changements climatiques.

La génération des variables hydrométéorologiques exige des modèles dont la combinaison et la configuration dépendent des processus et des échelles temporelle et spatiale impliquées. Très peu de travaux ont été réalisés depuis 1985, dans le domaine de la génération stochastique des précipitations, plus particulièrement pour des climats semi-arides ayant des séries pluviométriques à caractère purement aléatoire et non stationnaires.

Ce travail présente essentiellement une approche pour la génération de longues séries synthétiques de précipitations et d'évapotranspirations mensuelles sous un climat semi-aride (dans lequel s'inscrit la région du nord algérien), qui préservent les caractéristiques statistiques des séries historiques.

Le modèle de simulation élaboré est basé sur l'analyse en composantes principales. Il présente de grands avantages par rapport aux modèles existants, il offre une variété importante de combinaisons de méthodes de génération et permet de s'affranchir des contraintes imposées par les autres modèles. Le type de variable, la stationnarité, la troncature des observations, ou la longueur de la série historique ne constituent en aucun cas un handicap à l'application du modèle élaboré.

## **DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX PROCÉDÉS PEU ONÉREUX POUR L'ÉPURATION D'EAUX USÉES : PROCÉDÉS À BASE DE BIOMATÉRIAUX NATURELS**

**Soudani A.<sup>1</sup>, Chiban M.<sup>1</sup>, Ait Habzize S.<sup>1</sup>, Zerbet M.<sup>1</sup>, Sinan F.<sup>1</sup> et Persin M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département de chimie, Faculté des Sciences, BP. 8106 Cité Dakhla. Agadir, Maroc.

<sup>2</sup>IEMM, UMR CNRS N° 5635, 1919 Route de Mente, 34293 - Montpellier Cedex 5, France.

Email: [fouadsinan@yahoo.fr](mailto:fouadsinan@yahoo.fr)

Les eaux usées constituent une ressource qui peut être appréciable dans les régions caractérisées par un bilan hydraulique déficitaire. Elles sont, dans la plupart des cas, rejetés sans épuration dans le milieu récepteur constituant une menace pour la santé publique et l'environnement. Donc il est indispensable de traiter les eaux usées brutes avant toute réutilisation, écologique et sanitaire. En plus la valorisation de ces eaux, par un système d'épuration adéquat peut constituer une solution intéressante pour palier au déficit hydrique.

Parmi les techniques physico-chimiques les plus utilisées pour le traitement des eaux usées, on cite les procédés d'élimination des espèces polluantes par adsorption. En effet, ces techniques sont basées sur la rétention de certains composés indésirables à la surface des matériaux utilisés comme support d'adsorption. Dans notre équipe, on a utilisé des substrats naturels d'origine végétale (plantes desséchées), animale (écorces du crustacé) et minérale (argile) comme adsorbant, pour éliminer les ions métalliques ( $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$  et  $\text{Pb}^{2+}$ ) et minéraux (nitrates et orthophosphates), le taux de rétention varie selon le biomatériau utilisé, et l'ion à adsorber, certains paramètres influence cette adsorption, nous citons : pH, la température, la concentration initiale, la granulométrie...

Les procédés à base de ces biomatériaux inertes solides (BMIS) dont l'efficacité a été démontrée aussi bien en système statique (réacteur batch) que dynamique (membranes filtres) sont simples à mettre en œuvre et constitueraient un moyen très efficace pour retenir les ions métalliques et minéraux, même s'ils y sont présents à des concentrations très nettement supérieures aux seuils de tolérance actuels, comme cela a été démontré avec des solutions très concentrées préparées au laboratoire. Des résultats obtenus avec des eaux usées réelles de la région d'Agadir (M'zar, Bensergao, Drarga et Anza) ont été très encourageants.

Le but visé est d'aboutir à un nouveau procédé physico-chimique d'épuration des eaux usées efficace et peut onéreux adaptable à des pays en voie de développement comme le Maroc. La réalisation d'une station pilote (à base de ce procédé) avec des partenaires industriels et organismes responsables de la gestion de ressources hydriques, fait partie des perspectives de ce travail.

### **CONTRIBUTION À LA CONNAISSANCE HYDROGÉOLOGIQUE D'UN AQUIFÈRE KARSTIQUE : CAS DU CHAÏNON DU HAOUZ (RIF, NORD DU MAROC)**

**Stitou El Messari J.E.<sup>1</sup>, Garcia Lopez S.<sup>2</sup>, Hlila R.<sup>1</sup> and Emran A.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Faculté des Sciences, Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan, Maroc.

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias ambientales, Université de Cadiz, Espagne.

<sup>3</sup>Institut scientifique Rabat, Maroc.

Email: [stitoumessari@yahoo.fr](mailto:stitoumessari@yahoo.fr)

Le chaînon du Haouz, segment de la Dorsale calcaire faisant partie du Rif interne septentrional, se distingue par une formation carbonatée triasico-jurassique assez épaisse. La structure correspond en gros à un ensemble d'unités et/ou d'écaillés à vergences opposées vers l'WSW et l'ENE dessinant ainsi un dispositif en éventail. Ce dispositif est toutefois entrecoupé par des failles transverses ENE-WSW et ESE-WNW formant un système conjugué de failles décrochantes délimitant des blocs à mouvements différentiels.

Du point de vue hydrogéologique, ces formations carbonatées possèdent un grand pouvoir d'emmagasinement et constituent ainsi de grands réservoirs d'eau douce. En effet, le volume d'eau emmagasiné est estimé à 50Mm<sup>3</sup> (estimation faite d'après ABHL). Cet aquifère karstique se trouve contourné par des terrains imperméables à semi-perméables représentés par les schistes ghomarides à l'est d'une part et les flysch marno-gréseux à l'W d'autre part. Un nombre important de sources, de débit variable (1 à 50 l/s), sourdent à la limite entre ces formations imperméables à semi-perméables et les massifs carbonatés. La recharge des aquifères se fait par infiltration pluviale dans les hautes altitudes ou se développent de nombreuses formes Karstique (Lapiaz, poljé, doline, ouvala...). Signalons qu'à ces principales sources se trouvent associées des formations travertineuses disposées en gradins échelonnées (Tleta Taghramt, Dhar El Hjar, El Queddane, Agla, El Kouf etc..).

Les différentes campagnes de prélèvement au niveau des différents points d'eau inventoriés entamées depuis 2007 permettent de déterminer les facteurs ayant conditionné le chimisme des eaux de ces formations Karstiques. En effet, c'est bien la formation lithologique traversée par l'eau qui conditionne son chimisme et par conséquent sa minéralisation.

Par ailleurs, l'étude des isotopes stables (oxygène 18 et Deutérium) pour les différents points d'eau montre que la quasi-totalité des eaux se placent entre la droite météorique mondiale et la droite météorique définie pour la Méditerranée occidentale. On note en plus, un net enrichissement en O18 pour les eaux échantillonnées sur le flanc oriental de l'aquifère. L'altitude de la zone de recharge est déterminée sur la base du gradient isotopique altitudinal. Le contrôle isotopique des eaux de pluie cumulées pour les différents mois de contrôle montrent un alignement sur la droite météorique mondiale.

**Mots-clés** : Aquifère karstique, hydrogéochimie, isotopie, Rif septentrional.

## HEALTH RISKS FROM MICROBIAL GROWTH AND BIOFILMS IN DRINKING WATER DISTRIBUTION SYSTEMS IN PALESTINE

**Swaileh Khalid<sup>1</sup>, Al-Sa'ed Rashed<sup>2</sup>, Hussein Rateb<sup>1</sup> and Rasmi AbuHelu<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Department of Biology, BirZeit University, Palestine,

<sup>2</sup>Water Studies Institute, BirZeit University, Palestine;

<sup>3</sup>Medical Laboratory Sciences Department, College of Health Professions, Al-Quds University,  
Jerusalem, Palestine

Email: [rasabu@yahoo.com](mailto:rasabu@yahoo.com)

Water distribution systems play a major role in determining the final quality of potable drinking water. Pathogenic and toxigenic microbiological agents in drinking water can cause diseases and death to consumers. The health risks associated with these pathogens range from viral and bacterial gastroenteric diseases to infections such as hepatitis A and giardiasis. Drinking water samples (n=24) with a volume of 1000 ml were collected in sterile bottles from the distribution systems at different regions in Ramallah District in Palestine. Moreover, swabs from the inside of the water distribution system of the same regions were taken. Sample were filtered through 0.45µM membrane, and various tests were conducted on each sample including total coliform, fecal coliform, heterotrophic plate count, Pseudomonas auroginosa count, fecal streptococci, sulfite reducing anaerobes, residual chlorine, turbidity, ammonium and nitrate. For protozoa, microscopic examination was done for the swabs transported in saline from the biofilms within the same day of sampling. Four samples out of 12 (33%) were containing too many to count for HPC. The remaining 8 samples were containing an average of 26 CFU/100 ml. Five samples out of 12 (42%) were found to contain total coliform. The number ranged between 0 and 80 CFU/100 ml. The average number of total coliform was 14 CFU/100 ml. Summer samples were found to have more total coliforms than winter ones. Neither winter nor summer samples were found to contain fecal coliforms. Residual chlorine ranged between 0.08-0.55 mg/L (average 0.24mg/L) and nitrate concentrations in drinking water samples ranged between 4.79-16.26 mg/L (average 9 mg/L). PCR results of the DNA extracted from a total of 25 samples of different origins (pipes water, tanks water and biofilm swabs) revealed that 23 samples were not containing the microbes (bacteria and protozoa) considered in this study. Our results show that the drinking water quality in the distribution system of Ramallah District is of good quality and water intermittent supply should be avoided when possible, as this was associated with an increase in total coliform and turbidity.

## PROBLEMS AND PROSPECTS OF ARTIFICIALLY WATER LOGGED AREAS IN LIVELIHOOD CRISIS MANAGEMENT: A STUDY OF VABODAHO REGION IN BANGLADESH

**Swapan Mohammad Shahidul Hasan<sup>1</sup>; Maroof Md. Abu Sayeed<sup>1</sup> and Ahmed Sabrina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Urban and Rural Planning Discipline. Khulna University, Bangladesh, Department of Urban and  
Regional Planning, Curtin University of Technology. Australia.

<sup>2</sup>Urban and Regional Planners in Bangladesh

Email: [eswapan@yahoo.com](mailto:eswapan@yahoo.com)

Water logging due to unplanned wetland management, is a common phenomenon in Bangladesh. For the last twenty years about 1, 00,000 hectare of land in Southwest region has been water logged. Vabodaho area is mostly affected in this region, which is mainly resulted from the construction of polders that controls the entrance of river water in the vast marshlands. A polder is a tract of land, surrounded by dykes in which the discharge and supply of surface water are artificially controlled. Polders were established to increase rice production in this region during 1960s but the land ended up as a victim of green revolution. At present the affected area is preceding vast dry land

areas which continue to bring sufferings to more and more people. About 4000 people surrounded by 275 acres of artificially water logged land is now severely affected due to adverse socio-economic and environmental impacts. It is estimated by experts that the incident of sea level rising will increase the water logging and coastal river drainage congestion more severe. This paper investigates the causes and extent of livelihood crisis faced by the affected villagers of Vabodaho area. It also portrays the community based crisis management through adaptive mechanisms and associated institutional arrangements to mitigate the adverse impacts of water logging.

**Keywords:** Artificial water logging; livelihood crisis; adaptive mechanisms; Bangladesh

**INVESTIGATION OF SALINITY AND RADIOACTIVITY ON GROUNDWATER IN SOUSS-MASSA  
AND DRAA BASIN, MOROCCO  
(PRELIMINARY RESULTS OF SCIENCE FOR PEACE NATO PROJECT)**

**Tagma T.<sup>1</sup>, Bouchaou L.<sup>1</sup>, Nathaniel W.<sup>2</sup>, Vinson D.<sup>2</sup>, Lgourna Z.<sup>1</sup>, Ettayfi N.<sup>1</sup>, Boutaleb S.<sup>1</sup>,  
Vengosh A.<sup>2</sup>, Hsissou Y.<sup>1</sup>, Dwyer G.<sup>2</sup> and Elfaskaoui M.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Ibn Zohr University, Agadir, Morocco.

<sup>2</sup>Duke University, Durham, USA.

<sup>3</sup>Hydraulic Agency of Souss-Massa-Draa basin, Morocco.

Email: [tariktagma@yahoo.fr](mailto:tariktagma@yahoo.fr)

Groundwater and surface waters in the Souss-Massa basin located in the west-southern part of Morocco are characterized by large variations in salinity, up to levels of 37 g L<sup>-1</sup>. The data show that the water quality of groundwater in the western Souss-Massa basin is degraded by two sources; (1) seawater intrusion into the aquifer; and (2) mixing with geothermal water that is characterized by a distinguished chemical composition (high calcium and sulfate concentrations relative to seawater intrusion). The different calcium to chloride and sulfate to chloride ratios provide a simple, yet powerful geochemical tool that is able to delineate the source of salinity for each of the investigated wells. The preliminary radium isotopes data indicate that geothermal water in the Souss-Massa basin is characterized by relatively high radium (combined <sup>228</sup>Ra and <sup>226</sup>Ra of 9.3 pCi/L) and thus future utilization of geothermal water as an alternative source to the local groundwater degraded by seawater intrusion should be carefully examined given the relatively high level of radioactivity. Salinization of water resources in the Souss-Massa region is also associated with high concentrations of toxic trace metals, with high correlation between salinity, chromium, and uranium. These findings indicate that salinization of water resources may be associated with occurrences of other inorganic contaminants in groundwater and thus investigation of a large spectrum of inorganic contaminants is required to access the water quality in the Souss-Massa basin.

## **TRAITEMENT DES EAUX USÉES URBAINES GÉNÉRÉES PAR LES STATIONS D'ÉPURATION PAR LA TECHNIQUE D'IRRADIATION**

**Tahri Loubna<sup>1,2</sup>, Elgarrouj Driss<sup>2</sup>, Zantar Said<sup>2</sup>, Mouhib Mohamed<sup>2</sup>, Moussaid Mostafa<sup>2</sup>, Azmani Amina<sup>1</sup> et Sayah Fouad<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Pôle d'excellence Régional. Centre des Etudes Environnementales Méditerranéennes. Laboratoire de Biologie Appliquée et Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, BP 416, Tanger, Maroc

<sup>2</sup>Station d'ionisation de Boukhalef, INRA, Tanger, Maroc  
Email: [dloubna78@hotmail.com](mailto:dloubna78@hotmail.com)

La production des eaux usées domestiques a atteint des dimensions alarmantes avec la croissance des populations urbaines partout dans le monde. La réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles est un domaine croissant et important face à la pollution d'environnement et pour la protection des ressources d'eau.

A l'heure actuelle, les principales techniques de traitement des eaux usées reposent sur les traitements biologiques limités par la forte charge des eaux traitées en microorganismes. Et sur l'utilisation de substances chimiques, produit nocif pour l'homme et l'environnement.

Les travaux de recherche concernant l'utilisation d'une nouvelle technologie pour le traitement des eaux usées sont en grande expansion dans le monde. L'application de la technique d'ionisation a été développée dans différents pays; il y a plus de 600 irradiateurs de rayonnement gamma et 1300 accélérateurs de l'électron dans le monde. Malheureusement, la technique d'ionisation n'a pas été encore implantée au Maroc. Dans ce contexte, Ce travail vise à étudier la faisabilité de la technique d'ionisation pour l'amélioration de la qualité des eaux usées prélevées à l'entrée et à la sortie du système lagunaire existant à la station d'épuration du Centre de Transfert de Technologie en matière de l'eau (CTT). Le traitement sera réalisé à différentes doses d'ionisation de 0 à 14 kGy à la Station d'ionisation de Boukhalef de Tanger (SIBO). Les doses appliquées permettront de connaître l'influence de l'ionisation sur chacun des paramètres étudiés, mais aussi la détermination de la dose optimale permettant de désinfecter et d'augmenter la dégradation des polluants et par conséquent une meilleure épuration des eaux usées.

L'analyse des résultats bactériologiques obtenue montre que les rayonnements ionisants se sont avérés efficaces pour la désinfection des eaux usées étudiées à la dose 6KGy; de même, une réduction de la valeur de pH et de la pollution organique qui se traduit par une diminution de la concentration de la demande chimique et biochimique en oxygène. Ces effets sont doses-dépendants. En parallèle nous avons obtenus une conservation des macronutriments tels que l'azote, les ortho-phosphate, le phosphore total et le potassium.

## **PROBLÉMATIQUE DES INONDATIONS DANS LE GRAND AGADIR**

**Tairi Abdellaali<sup>1</sup> et Elmouden Ahmed<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Département de Géologie, Faculté des sciences, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

<sup>2</sup>Département de Géologie, Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc  
Email: [tairiabel@gmail.com](mailto:tairiabel@gmail.com)

L'objectif de ce travail est l'étude de la problématique des inondations dans le grand Agadir et la caractérisation des processus à l'origine de ces inondations. La ville d'Agadir est située sur la côte atlantique du Maroc entre 30° et 31° parallèle de latitude nord et entre 9°.40' et 9°.30' longitude ouest. C'est une ville entièrement renouvelée après le séisme de 1960. Elle est limitée au Nord par les retombées sud du Haut Atlas occidental, à l'Ouest par l'Océan Atlantique et la réserve biologique du

Souss Massa ; en effet son extension se fait vers l'Est et vers le Sud Est La lithologie de la région du grand Agadir est simple et formée par 3 principales formations (Ambroggi, 1963) :

- les calcaires du jurassique au niveau de la montagne ;
- les formations marneuses au niveau des piémonts ;
- les alluvions et colluvions quaternaires, souvent encroûtées, au niveau de la plaine.

Ces formations sont très vulnérables à l'érosion

Le grand Agadir a connu plusieurs inondations qui ont des conséquences parfois désastreuses sur les biens et les personnes (1985,1987, 1995, et 2007), ces inondations ont concerné plusieurs quartiers de la ville (Khiem, Charaf, Tillila, Tassila ...). Dont les facteurs anthropiques se combinent avec les facteurs naturels pour aggraver le risque

Suite à une analyse des différentes composantes géologique, hydrologique, topographique et anthropique influençant les cinq cours d'eau qui traverse la ville d'Agadir nous avançons les résultats suivants:

- La pluviométrie enregistrée pendant les jours du 21 au 23 décembre 2007 ne permet pas d'expliquer les inondations dans toute leur ampleur.
- Les forte pentes topographiques et hydrographiques amplifient la vitesse d'écoulement des eaux et provoquent l'érosion des berges ce qui augmente le transport solide.
- L'installation de ces carrières à l'entourage des oueds, ou même dans les lits de ces derniers, cause l'augmentation des apports solides ; aussi l'extraction des sables et des galets des lits des oueds les prive de leur "frein" naturel, ce qui augmente la vitesse de leur écoulement.
- La déforestation opérée au niveau des bassins versants des oueds en question
- L'occupation progressive des lits des oueds par les constructions (exemple de la gare routière sur le parcours de Lahouar), la disparition progressive des zones vertes, la réduction des zones d'épandage naturel des eaux et l'accroissement de l'imperméabilisation des surfaces urbanisées amplifient davantage les inondations.

## **ÉLABORATION DE MODÈLES INTÉGRÉS DE GESTION ET D'AIDE À LA PRISE DE DÉCISION DES RESSOURCES EN EAU DANS LES MINES DE PHOSPHATE DE KHOURIBGA, MAROC**

**Tammal M.<sup>1</sup>, Bru K.<sup>2</sup>, El Mansouri B.<sup>1</sup>, M'Hamdi R.<sup>3</sup> et Naja J.<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire des Géosciences Appliquées, Faculté des Sciences de Kénitra, Univ. Ibn Tofail, Kénitra

<sup>2</sup>Bureau de recherche Géologique et Minière (BRGM), Orléans, France,

<sup>3</sup>Centre des Etudes et Recherches des Phosphates Minéraux, Laboratoire Eau & Environnement, Casablanca, Projet Européen ELMAA,

<sup>4</sup>Laboratoire de Chimie Appliquée, Faculté des Sciences & Techniques, Université Hassan I, Settat.

Email: [Mohammed\\_tammal@yahoo.fr](mailto:Mohammed_tammal@yahoo.fr), [b\\_elmansouri@yahoo.fr](mailto:b_elmansouri@yahoo.fr)

Dans la vision d'une meilleure gestion des ressources en eau dans les zones arides ou semi-arides caractérisées par une production minière dépendante d'eau, surtout l'industrie des phosphates, le projet ELMAA a apporté une solution rationnelle pour une bonne gouvernance des ressources en eau à travers un ensemble de mesures, d'analyses et de pratiques aboutissant à un outil informatique sous forme d'un système expert d'aide à la décision qui peut assister les autorités compétentes.

Le projet ELMAA a concerné trois pays producteurs du phosphate qui sont le Maroc, la Tunisie et la Jordanie ; plusieurs partenaires appartenant à ces différents pays ont participé à établir l'ensemble des études dans les différents WorkPackage (WP). Dans ce cadre, le CERPHOS (Centre d'Etude et de Recherche des PHOSphates minéraux), et le BRGM (Bureau des Recherches Géologiques et Minières) avaient pour mission d'établir un système informatique d'Aide à la Décision (Decision Support System) dan la zone d'influence des mines de phosphate de la région de Khouribga.



La première phase a permis d'établir « le modèle intégré » qui est une conception de la relation eau de surface-Eau souterraines-Utilisation-Alimentation. Ce modèle met en évidence le bilan du système hydrique étudié, particulièrement l'évolution spatio-temporelle de ce bilan. Le modèle conceptuel des ressources en eau se base sur les résultats de la modélisation numérique effectué pour les systèmes aquifères de la région de Khouribga, en régime permanent et transitoire.

Dans une phase ultime, nous avons établi une interface graphique où, la demande en eau des différents secteurs ou activité a été modélisée par des unités de demandes spécifiques à chaque secteur socio-économique. Ces demandes sont satisfaites à partir des unités de ressources où on distingue les nappes phréatiques et profondes, les barrages et les cours d'eau de surface et même la pluie efficace dans certains périmètres. Toutes ces unités sont schématisées dans le modèle intégré, leur paramétrage se fait à travers des boutons de l'interface graphique permettant l'accès aux fichiers des paramètres spécifiques. Ces fichiers contiennent, et pour chaque unité, les paramètres indispensables permettant de calculer l'évolution de la demande du secteur relatif à cette unité, il contient aussi les éléments permettant l'activation et évaluation des options de gestion (OG) qui ont été établi en collaboration avec les utilisateurs potentiels dans la zone des mines des phosphates, tel que l'OCP, l'ONEP, et l'ORMVAT.

### **ÉLABORATION D'UN MODÈLE NUMÉRIQUE MULTICOUCHES DU COMPLEXE AQUIFÈRE DU BASSIN DE TADLA**

**Tammal M.<sup>1</sup>, El Mansouri B.<sup>1</sup>, M'hamdi R.<sup>2</sup> et Naja J.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Lab. des Géosciences Appliquées, Faculté des Sciences de Kénitra, Univ. Ibn Tofail, Kénitra, Maroc

<sup>2</sup>Centre des Etudes et Recherches des Phosphates, Lab. Eau & Environnement, Casablanca, Maroc

<sup>3</sup>Lab. de Chimie Appliquée, Faculté des Sciences & Techniques, Université Hassan I, Settat, Maroc

Email: [Mohammed\\_tammal@yahoo.fr](mailto:Mohammed_tammal@yahoo.fr), [b\\_elmansouri@yahoo.fr](mailto:b_elmansouri@yahoo.fr)

Les eaux souterraines représentent une ressource vitale pour l'économie nationale : elles concourent, et pour une part très importante, à l'alimentation en eau potable des populations. Cette ressource qui est au centre des écosystèmes et du développement est d'autant plus importante qu'elle est fragile, inégalement distribuée et largement exploitée.

La zone de Tadla faisant objet de notre étude est de superficie équivalente à 10000 Km<sup>2</sup> couvrant le plateau des phosphates et la plaine de Tadla dont le système aquifère étudié est le Turonien, le Sénonien, l'Eocène et le Pio-quatenaire.

Le but de ce travail est de préparer, établir et simuler, par un modèle mathématique, le comportement hydrodynamique du système aquifère suite à l'aménagement d'un système d'irrigation et le chargement de plusieurs scénarios climatiques. Le code Modflow est avéré assez souple pour cette modélisation ; Grâce une interface GMS, la manipulation des données aux limites ou du débit source est devenu extrêmement simple ce que nous a fait gagner un temps précieux.

Différentes hypothèses et options de calage on été appliquées sur le présent modèle, elles ont montré qu'il est apte à simuler des contextes hydrodynamiques très diversifiés, il peut être utilisé avec profit pour simuler l'impact hydrodynamique de nouveaux aménagements et de scénarios climatologiques exceptionnels.

## PRÉCISION DE MESURE DES RAPPORTS $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ et $^2\text{H}/^1\text{H}$ DANS LES EAUX PAR SPECTROSCOPIE LASER

Taous F.<sup>1</sup>, Marah H.<sup>1</sup> et Sabir A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre National de l'Énergie, des Sciences et des Techniques Nucléaires.

<sup>2</sup>Faculté des Sciences Rabat.

Email: [f.taous@yahoo.fr](mailto:f.taous@yahoo.fr)

Les isotopes stables ( $^2\text{H}$  et  $^{18}\text{O}$ ) de la vapeur atmosphérique fournissent de nombreuses informations sur le cycle hydrologique. Dernièrement, LOSGATOS a développé une nouvelle méthode de mesure des rapports isotopiques ( $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ,  $2\text{H}/^1\text{H}$ ) dans les eaux, basée sur la technique de spectroscopie laser. Elle est recommandée comme une alternative aux techniques de mesures classiques (IRMS). Cette technique est attractive vue sont coût relativement faible ainsi que les frais de maintenance. Dans ce travail, nous avons testé les performances de la méthode Laser (justesse, précision, reproductibilité...), étudié l'influence des effets de température, de mémoire et de masse ainsi que la comparaison des analyses obtenues, sur les mêmes échantillons, par les deux méthodes (Laser et IRMS). Nos tests en laboratoire ont montré que la précision de mesure est de 0.8‰ pour le deutérium et de 0,15‰ pour l'oxygène-18 vs SMOW.

**Mots-clés** : Spectrométrie Laser, IRMS, Isotopes Stables, hydrologie isotopique

## GROUND WATER DAMS, A PROMISE OPTIONS FOR WATER RESOURCES SUSTAINABILITY IN ARID REGIONS

Thair Mahmood Al-Taiee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Research Center For Dams and Water Resources, Mosul University, Iraq

Email: [Thairaltaiee@yahoo.com](mailto:Thairaltaiee@yahoo.com)

Water is taken from rivers for domestic and agricultural purposes in many places. If it concerns an ephemeral river however, water will not be available all year around. The water in this type of rivers will flow away, leaving behind a dry riverbed.

In order to bridge periods of drought in arid and semi-arid regions which are drought prone, water harvesting is of particular importance. This water harvesting measures if adopted on a large scale may alleviate water scarcity even during severe drought years. One of the water harvesting options in those arid regions to retaining flowing water in these ephemeral rivers by building a dam. In many cases a dam can built behind which surface water is stored . However , surface water storage has some negative side effects such as evaporation and water quality. To overcome such problems the water can be stored subsurface if the local conditions allow subsurface storage. This storage can be reached by building a dam, behind which sand accumulates, enlarging natural aquifer. The ground water in the river bed is obstructed by the dam and retained in the pores in the sand. This water can be harvested using scoopholes or wells.

Ground water dams (subsurface dams and sand storage dams) are structures that intercept or obstruct natural flow of ground water and provide storage for water underground. They have been used in several parts of world, their use in areas where flows of ground water vary considerably during the course of the years from very high flows following rain to negligible flows during dry season. Ground water dams are easy to build and economical to generate use and process new water cycles in rural arid and semi-arid areas. Such dams stop erosion, restore river sediments and generate bank storage. In short they create artificial aquifers.

The aim of the proposed present research work is firstly to document the main principles of the ground water dams (subsurface and sand storage dams) as well as their construction in-addition to the hydrology of those ground water dams. Secondly, the study will focus the light on the hydrological

processes, water flows and water quantities around ground water dams. The design and environmental criteria of the subsurface and sand storage dams will be discussed too.

**Keywords:** Groundwater, Subsurface dams, Water harvesting.

### COMPORTEMENT DES COMPOSÉS INORGANIQUES DISSOUS DE L'AZOTE ET DU PHOSPHORE DANS LES EAUX DU SYSTÈME AQUIFÈRE DE LA PLAINE DE MATEUR (NORD-EST DE LA TUNISIE)

Tlili Besma<sup>1</sup>, Gueddari Moncef<sup>1</sup> et Bouhlila Rachida<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unité de Recherche de Géochimie et de Géologie de l'Environnement, Faculté des Sciences de Tunis, Tunisie

<sup>2</sup>Laboratoire de Modélisation en Hydraulique et Environnement, École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, Tunisie

L'analyse géochimique et l'étude statistique des paramètres physico-chimiques (oxygène dissous et pH) et des composés inorganiques dissous de l'azote ( $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) et du phosphore (orthophosphates) des eaux de la nappe de Mateur (Nord-Est de la Tunisie), a permis d'identifier les facteurs et les phénomènes qui contrôlent la variation spatiale des teneurs de ces éléments dans ces eaux. Les résultats des analyses des eaux prélevées montrent que les concentrations de  $\text{NO}_3^-$ , mesurées en Mai 2007, varient de 1,015 à 273 mg/l avec une moyenne de 92,4mg/l, et celles mesurées en Octobre 2007, varient de 0,9 à 327,5 mg/l avec une moyenne de 82,3mg/l. Le coefficient de variance(CV) élevé, de l'ordre de 96,96%, confirme la variabilité spatiale et temporelle des concentrations de cet élément. Plus de la moitié des 51 points d'eau échantillonnés ont des teneurs qui dépassent les concentrations maximales admissibles fixées par les normes de potabilité et dépassent dans la plupart des points d'eau, 100mg/l, ce qui indique la pollution des eaux de la nappe de Mateur par les nitrates. Les sites les plus touchés par la pollution diffuse se situent au Sud-Est de la plaine de Mateur, et au Nord-Ouest du lac Ichkeul. Les fortes teneurs des nitrates enregistrées dans ces eaux sont liées à l'infiltration des eaux de lessivage des périmètres irrigués fertilisés par les engrais azotés et des effluents d'élevage. Les teneurs des  $\text{NO}_3^-$  dans ces eaux sont corrélées positivement avec l'oxygène dissous, ce qui explique la stabilité de  $\text{NO}_3^-$  par rapport aux autres formes de l'azote inorganique dissous. La variation des teneurs des nitrites en fonction de celle de  $\text{NH}_4^+$ , pour la campagne d'octobre 2007, montre une tendance à l'augmentation de la concentration de  $\text{NO}_2^-$  quand celle de  $\text{NH}_4^+$  diminue. Ceci implique que cette forme oxygénée de l'azote provient de l'oxydation, par nitritation, de l'azote ammoniacal. D'autre part, les eaux les moins oxygénées sont relativement les plus chargées en  $\text{NO}_2^-$ . La forme dominante des orthophosphates est  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , étant donné que le pH de ces eaux est neutre. L'étude statistique, basée sur l'analyse en composantes principales, confirme les résultats obtenus. Deux classes d'eau ont pu être distingués : les eaux dont les concentrations en nitrates sont élevées, corrélées positivement avec le maximum d'oxygène dissous et le minimum de  $\text{NO}_2^-$  et des eaux à faibles concentrations en  $\text{NO}_3^-$  corrélées avec le minimum d'oxygène dissous et le maximum de  $\text{NO}_2^-$ . Les teneurs de pH et de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  n'ont pas une influence significative sur la répartition spatiale des composés inorganiques dissous de l'azote.

**Mots-clés :** nappe de mateur, Tunisie, pollution, nitrates, étude statistique.

## VARIABILITÉ HYDRO-CLIMATIQUE DANS LE BASIN DE LA VOLTA AU BÉNIN: UN INDICATEUR DE GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU

**Totin V.S. Henri<sup>1</sup>, Afouda Abel<sup>2</sup>, Amoussou Ernest<sup>1</sup>, Vissin W. Expédit<sup>1</sup>, Tumbulto Jacob<sup>3</sup> et Boko Michel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Pierre PAGNEY, Climat-Eau-Ecosystèmes et Développement, Université d'Abomey-Calavi, Adresse : 03 BP 1122 Cotonou, Bénin

<sup>2</sup>Laboratoire de Modélisation et d'Hydrodynamique Appliquée, LAMHYA, Faculté des Sciences et Techniques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin

<sup>3</sup>Projet Volta-Hycos

Email: [afoudabel@yahoo.fr](mailto:afoudabel@yahoo.fr), [sourouhenri@yahoo.fr](mailto:sourouhenri@yahoo.fr)

La variabilité hydroclimatique et ses impacts sur les ressources en eau constituent une menace potentielle sur les systèmes socioéconomiques. Ainsi, la connaissance de la variabilité spatiale et temporelle du climat et des ressources en eau de surface permet de définir des stratégies efficaces de gestion des ressources en eau dans le bassin béninois de la Volta. Les analyses des données climatologiques (précipitations et évapotranspiration potentielle) et hydrologiques (débits) sur la période 1961-2005 ont permis de caractériser les manifestations de la variabilité hydroclimatique du bassin. De plus, la spatialisation du bilan hydroclimatique sur l'interface de Surfer 9 a aidé à délimiter le bassin en des secteurs suivant leur degré de sensibilité.

Le bassin de la Volta au Bénin est marqué ces dernières décennies par une baisse post-rupture (1975) des précipitations de l'ordre de 10 % et un bilan climatique déficitaire. L'impact de la persistance de la sécheresse est en effet largement amplifié dans l'écoulement qui enregistre une diminution trois à quatre fois plus importante (30 à 40 %) que celle de la pluviométrie. Ce phénomène qui constitue la manifestation des changements climatiques actuels compromet la disponibilité quantitative des ressources hydriques surtout dans ce contexte d'augmentation de la demande en eau par les populations et les unités de production.

Au vu des perspectives hydroclimatiques, ces indicateurs devront être un des paramètres clés à prendre en compte dans l'orientation des choix en matière de gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin de la Volta au Bénin.

## EFFET DE LA CONTAMINATION MÉTALLIQUE SUR LA QUALITÉ DES EAUX

**Toumi Faycal<sup>1</sup>, Atif Fougou<sup>1</sup>, Saadane Djorfi<sup>2</sup> et Azzedine Hani<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Lab. de Géologie, Fac. des Sciences de la Terre, Univ. Badji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000 Algérie,

<sup>2</sup>Lab. Ressources Naturelles et Aménagement, Fac. des Sciences de la Terre, Univ. Badji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000, Algérie.

Email: [faycaltoumi@hotmail.com](mailto:faycaltoumi@hotmail.com)

La pollution des eaux par des éléments toxiques est un danger qui peut nuire à l'homme et son environnement. En Algérie, et surtout à Annaba Dans ce cadre, nous avons la contamination des eaux superficielles et les eaux sous terrains.

La décharge d'Annaba est les conséquences d'un développement urbain et industriel incontrôlé. Elle est parmi les décharges les plus controversées de l'Algérie. C'est une grande source de pollution des sols et des eaux souterraines et de surfaces, par infiltration des éléments minéraux et chimiques (phénomène lixiviation)

Pour évaluer l'impact de cette décharge sur l'environnement, des relevés piézométriques et des analyses chimiques a été réalisés sur près de 30 points.

Les résultats obtenus montrent une importante charge polluante par les eaux de l'oued Guouilla. Ils dévoilent également une importante dégradation quantitative des eaux souterraines particulièrement les secteurs amont et aval de l'oued.

Quant à l'impact sur la santé publique, il est utile de rappeler que les résultats obtenus ont permis de relever la présence conséquente de métaux lourds (zinc, plomb, manganèse, etc.) dont les effets sont graves et immédiats sur les humains, les animaux, notamment d'élevage et enfin l'agriculture particulièrement présente dans cette zone.

**Mots-clés** : décharge urbaine, phénomène lixiviation, infiltration, Algérie

## **CARACTÉRISATION PIÉZOMÉTRIQUE ET HYDROCHIMIQUE DE LA NAPPE DE L'OUED BEN KHLIL, TANTAN, MAROC**

**Toummite A.<sup>1</sup>, Tagma T.<sup>1</sup>, Hsissou Y.<sup>1</sup> et Bouchaou L.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-Environnement (LAGAGE), Faculté des Sciences,  
Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc  
Email: [atoummite@yahoo.fr](mailto:atoummite@yahoo.fr)

La ville de Tantan dont les ressources en eau locales sont très limitées, est alimentée actuellement à partir de la nappe de Guelmim. Dans le but de soulager cette dernière et répondre aux besoins croissants en eau de la ville de Tantan et Tantan port, plusieurs études ont été entreprises dans ce sens afin de recenser et évaluer les potentialités hydriques de cette zone.

Ainsi, notre objectif dans ce travail est d'étudier les potentialités de la nappe de l'oued Ben Khlil : ses limites géographiques, ses capacités, et sa vulnérabilité vis-à-vis de la pollution.

L'étude piézométrique et hydrochimique de la nappe de l'Oued Ben Khlil (Tantan, Maroc) a montré que : (i) l'écoulement général des eaux de la nappe se fait dans le sens de l'écoulement de l'oued, (ii) la grande perméabilité des sédiments constituant la nappe, laisse penser une potentialité de réservoir non négligeable. Ce probable aspect quantitatif positif est limité parfois par une salinité plus ou moins importante dans la plupart des secteurs de la région ; (iii) la conductivité dans la nappe montre une variabilité importante entre 500 et 23500 $\mu$ S/cm. Cette conductivité augmente avec la profondeur et latéralement, de part et d'autre de l'axe du lit de l'oued Ben Khlil. Une augmentation remarquable de cette conductivité est également observée en allant de l'amont vers l'aval ; (iiii) les eaux de la nappe alluviale de Ben Khlil sont de faciès chloruré-sodique.

L'aquifère de l'oued Ben khlil est caractérisé par une faible profondeur du niveau piézométrique et par une couverture peu épaisse représentée par des formations essentiellement sablo-graveleuses. Ces deux caractéristiques sont favorables à l'alimentation du réservoir mais ne permettent pas une protection efficace des ressources en eau vis-à-vis des principaux risques de pollution qui existent dans cette région, à savoir : les activités agricoles, l'exploitation anarchique des granulats alluvionnaires de l'oued et les fosses septiques.

**Mots-clés** : Oued Ben Khlil, Nappe, Hydrochimie, piézométrie, vulnérabilité, pollution, Tantan, Maroc.

## **CARTOGRAPHIE DES ALÉAS DÛS AUX INSTABILITÉS DE TERRAIN CAUSÉS PAR LES PRÉCIPITATIONS : ÉTUDE DU CAS DE LA RÉGION DE BADES-TARGUIST (RIF CENTRAL MAROC)**

**Touzani A.<sup>1</sup>, Ait Brahim L.<sup>2</sup> et Boutaleb S.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire de Géologie Appliquée et Géo-Environnement, Faculté des Sciences, Agadir

<sup>2</sup>Faculté des Sciences, Rabat

Email: [saidboutaleb1@yahoo.fr](mailto:saidboutaleb1@yahoo.fr)

L'objectif de cette communication est l'analyse de la sensibilité de l'aléa lié aux instabilités de terrain de la région de Bades-Targuist, dans le Rif central. En effet, la chaîne rifaine constitue un domaine privilégié, pour l'étude de ce genre de phénomènes, du fait de sa complexité géologique, la rapidité de sa morphodynamique, la prédominance de roches tendres, la présence de fortes pentes, et les précipitations intenses et irrégulières.

L'identification et la cartographie des instabilités de terrain dans la région de Bades-Targuist a été réalisée grâce aux données satellitaire de haute résolution, les données bibliographiques et les données de terrain. Par la suite une étude statistique de pourcentage en nombre des instabilités de terrain, nous a permis d'attribuer un poids à chaque paramètre en diligence de son influence sur les instabilités de terrain de la région de Bades-Targuist.

La base de données élaborée a été intégrée dans un SIG sous Arcgis, ce qui nous a permis d'appliquer le modèle arithmétique avec pondération de Géorisk (2006) pour élaborer la carte d'aléa lié aux instabilités de terrain, en utilisant uniquement les paramètres suivants : faciès, pente, fracturation et précipitation. Pour tester la validité de la carte d'aléa obtenu, nous l'avons superposé à la carte des instabilités de terrain cartographié.

La comparaison des différentes cartes obtenues a permis de classer les paramètres intervenant dans la genèse des instabilités de terrain de la région de Bades-Targuist, par ordre d'importance : faciès, pente, précipitations et fracturation.

Il est donc primordial de connaître et de caractériser les zones susceptibles aux instabilités de terrain dans le but d'évaluer le risque et d'atténuer les dégâts.

L'approche appliquée vise à établir une planification préventive des risques, permettant une meilleure protection des personnes et des biens, ce qui s'intègre dans un cadre d'aménagement et de développement durable.

**Mots-clés** : Rif, Instabilités de terrains, Etude statistique, SIG, Télédétection, Modèle GEORISK (2006), Aléa.

## **APPORT DE LA SISMIQUE REFLÉXION ET DES DIAGRAPHIES À LA RECONSTITUTION GÉOMÉTRIQUE DU SYSTÈME AQUIFÈRE DE LA RÉGION DE NABEUL-HAMMAMET (TUNISIE, NE)**

**Trabelsi Fatma<sup>1</sup>, Ben Mammou Abdallah<sup>1</sup> and Tarhouni Jamila<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire des Ressources Minérales et Environnement. Département de Géologie. Faculté des Sciences de Tunis. Université El Manar, Tunis, Tunisie.

<sup>2</sup>Institut National Agronomique de Tunis. Laboratoire d'Eau et d'Environnement. Département Génie rural. Université 7 Novembre, Tunisie.

Email: [trabelsifatma@gmail.com](mailto:trabelsifatma@gmail.com); [Abdallah.benmammou@fst.rnu.tn](mailto:Abdallah.benmammou@fst.rnu.tn)

La région de Nabeul-Hammamet, faisant partie de la côte orientale du Cap Bon (NE de la Tunisie), se présente sous forme d'une bande côtière longue d'environ 28 Km, intercalée entre les reliefs de Jbel Abderahman au Nord et la mer au Sud.

Elle concentre une population importante et une activité économique différente (agriculture, industrie et tourisme). Les besoins en eau dans cette région sont pressants alors que le stock souterrain est limité et l'exploitation ne cesse d'augmenter.

Deux systèmes souterrains sont connus dans la région : une nappe phréatique et une nappe profonde. La nappe phréatique, logée dans les alluvions quaternaires, est exploitée par des puits de surface, alors que l'aquifère profond des sables oligo-mio-pliocène est exploité par des forages ne dépassant pas les 250 m de profondeur. La faible densité de forages, imputable au coût élevé de ces derniers, ne permet pas de donner une image satisfaisante de l'architecture de l'aquifère profond et de leur continuité. Il est pourtant essentiel, dans une phase de recherche optimisée, de reconnaître les relations qui peuvent exister entre les unités hydrogéologiques et permettent éventuellement de se prononcer sur le sens d'écoulement du système aquifère.

Des données sismiques (70 lignes) et des forages pétroliers (26 puits) mis à notre disposition par l'Entreprise Tunisienne d'Activité Pétrolière (ETAP) ainsi que les diagraphies des 160 forages d'eau, ont été utilisées dans le cadre de cette étude.

La réinterprétation de toutes ces données a été effectuée dans le but de caractériser la structure et la géométrie du système aquifère profond. Un découpage stratigraphique des forages pétroliers est proposé en se basant sur les diagraphies des Logs composites pour la tranche du temps allant du Miocène supérieur (formation Somâa) jusqu'à l'Eocène inférieur (formation Bou Dabbous). Nous avons procédé à un calage des horizons sismiques à partir de 8 horizons marqueurs régionaux déterminés à partir des données des puits :

les sables de la formation Somâa d'âge Tortonien (Miocène Supérieur) ;

l'horizon argilo-sableux de la formation Saouaf d'âge Serravallien-Tortonien ;

un marqueur à forte amplitude correspondant à la base des grès et sables serravalliens de la formation Béglia divisée en trois unités ;

un horizon se présentant sous forme d'un doublet sismique de forte amplitude, correspond à la barre grés-carbonatée bioclastique du Langhien inférieur à moyen de la formation Aïn Grab ;

un horizon présentant les grès de la formation Fortuna inférieur attribué à l'Oligocène inférieur ;

un horizon marneux carbonaté de la formation Bou Dabbous attribué à l'Eocène inférieur.

Ces 8 horizons ont été pointés sur les différentes sections numérisées migrées-temps grâce à un logiciel de migrations géométriques (Geoframe 4.1).

La corrélation entre les différents profils sismiques a permis d'établir des cartes isochrones et isopaques. L'utilisation d'une loi de vitesse linéaire appropriée nous a permis d'établir les cartes isobathes de la base de chaque horizon.

Ces cartes identifient la structure géométrique de chaque unité hydrogéologique. Le schéma structural proposé permet de prévoir la dynamique souterraine du système aquifère profond.

Ainsi ces cartes nous ont conduit à préciser les éventuelles communications avec les aquifères avoisinants et de relever les principales caractéristiques des réservoirs (puissance, plongement, profondeur et discontinuité).

## **MANAGEMENT OF COASTAL AQUIFERS AND GROUNDWATER IN THE MEDITERRANEAN**

**Treidel Holger<sup>1</sup> and Aureli Alice<sup>1</sup>**

UNESCO-IHP International Hydrological Programme, UNESCO - Division of Water Sciences, 1 rue Miollis - 75732 Paris Cedex 15, France. Tel: +33 (0) 1 45 68 41 75 Fax: +33 (0) 1 45 68 58 11

Email: [h.treidel@unesco.org](mailto:h.treidel@unesco.org)

In the Southern, Eastern and Adriatic Mediterranean basins surface watercourses are limited and the coastal aquifers dominate the discharges and contributions to the Mediterranean sub-basin water balance and related water transport of Land Base Source (LBS) contaminants into the coastal

marine environment. In this process the coastal aquifers control seawater intrusion and coastal salinization and support coastal fresh- and brackish water ecosystems and habitats for a rich biodiversity. The relatively high importance of coastal groundwater exchange with the coastal and marine water bodies is due to the semi-arid and arid climate in the southern and eastern sections, and on the other hand to the hydrogeological conditions and the predominance of karst aquifer systems along the entire Mediterranean coast. As a result a considerable share of the freshwater inflows into the Mediterranean Sea are in the form of groundwater discharges from large and dominantly non-renewable regional aquifer systems in the south, and from karst and local coastal aquifers throughout the Mediterranean coast.

Constituting the hydrological interface between the marine and the terrestrial ecosystems coastal aquifers occupy important environmental and social and economical functions. In the densely populated, rapidly developing and increasingly urbanized Mediterranean coastal zone the coastal aquifers, with large subsurface storage volumes, represent a generally available and secure water supply. Growing water demands, coupled with the impacts of climatic change and coastal drought lead to over-exploitation and depletion of the resource. Pollution through land based sources, urban wastewater, pesticides and other agro-chemicals increasingly threatens the quality of the water resources contained in coastal aquifers and discharged into the marine environment.

Recognizing the need for action, the Mediterranean countries in 2009 have enrolled in a collective effort for the protection of the environmental resources of the Mediterranean, the Strategic Partnership for the Mediterranean Sea Large Marine Ecosystem, which is co-funded by the Global Environment Facility (GEF). In this framework, UNESCO's International Hydrological Programme (IHP) was requested to execute in close collaboration with the Mediterranean countries and partners activities aimed at improving the management of coastal aquifers and groundwater.

The coastal aquifer component was designed to support the implementation of the Mediterranean Strategic Action Programs, and responds to the need for action for sustainable coastal groundwater and land management. This will be achieved by (i) improving the knowledge on the status of coastal aquifers and coastal land systems, their vulnerability and related risk; (ii) defining priorities and developing guidelines for regional action for integrated coastal aquifer and land management, for reduced LBS pollution and eutrophication, for enhanced coastal water security and mitigation of coastal land degradation and salinization, for conservation of coastal ecosystems and biodiversity; and (iii) legal, institutional and policy reforms for coastal aquifer management.

The expected outcomes include enabling policy at regional and national level and coastal demonstrations for regional replication of management approaches and technology in a number of key areas critical to sustainable development of the Mediterranean coastal areas and protection of coastal and marine ecosystem and biodiversity: (i) risk and vulnerability assessment, management, development and protection of coastal aquifers, groundwater and land resources; (ii) protection of coastal wetlands and ecosystem, and (iii) demonstration projects of technology and investments for regional replication and implementation of the Strategic Action Programs, addressing coastal water shortage with managed aquifer recharge and reuse; reducing coastal land based pollution and ecosystem degradation; and supporting sustainable coastal urban and agricultural development.

Cutting across coastal zone development issues, coastal aquifer resources management is closely linked with ICZM and IWRM approaches and shall be harmonized with the respective planning systems.



## IMPACT OF SIMILAR FLOW-PATH FACTORS ON GROUNDWATER CHEMISTRY IN CONTRASTING GEOLOGICAL SETTINGS

Varsanyi Iren<sup>1</sup>, Kovacs Lajos O.<sup>2</sup>, Carrillo-Rivera Jose Joel<sup>3</sup> and Cardona Antonio<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Szeged University, Hungary

<sup>2</sup>Hungarian Office for Mining and Geology

<sup>3</sup>National Autonomous University of Mexico

<sup>4</sup>San Luis Potosi Autonomous University, Mexico

Email: [Lajos.OKovacs@mbfh.hu](mailto:Lajos.OKovacs@mbfh.hu)

Understanding the connection between the hydrogeological environment and the chemical and isotopic composition of groundwater can help to evaluate its origin, evolution and flow, as well as the effects of its exploitation. The chemical features of water are influenced by its origin, by the type of rocks accommodating the water, and by the hydrogeological character of the study area. Based on the position of groundwater samples in the diagram of  $\delta^{18}\text{O}$  vs.  $\delta^2\text{H}$ , their origin can be established. When the samples are located on the meteoric water line (MWL), the source of water is precipitation, i.e. the water is of meteoric origin. Samples off the MWL indicate a non-meteoric origin or presence of other processes, e.g. evaporation. The kind of dissolved solids and the type of chemical reactions are related to the matrix minerals, and the flow depth and distance. During water-rock interaction there are two types of dissolution. One is congruent dissolution, which is characteristic of minerals with simple structure, like carbonates or gypsum. In this case, dissolution is determined by equilibrium constants. The other type is incongruent dissolution or chemical weathering of silicates, when kinetics dominates the reactions. The concentration of the dissolved material is controlled by the hydrogeological features of the area, duration of the exposition, temperature and flow rate. Exploitation may induce long-term trends in the water chemistry, while its temporal fluctuations are influenced by changes in the parameters of withdrawal. The objective of the present study is to establish and compare the affects of the four factors: origin, mineral matrix, hydrogeology and withdrawal, in the study areas.

Two diverse environments, a felsic volcanic region around San Luis Potosi (SLPB), in Mexico, and a sedimentary basin, part of the Pannonian Basin (PB), in Hungary, were chosen as study areas. The main conclusions are as follows. In these different geological environments the relative importance of the given factors varies. The waters in both study areas are of meteoric origin. Although the major dissolved components are similar in spite of the different matrix material, their concentration is different in relation to the different type of the chemical reactions. In the PB, congruent dissolution, whereas in the SLPB, weathering dominates. The amount of dissolved solids is less in the SLPB than in the PB, probably due to a shorter exposition in the SLPB. In both areas, a long-term trend in the water chemistry as a function of exploitation has been recognized. With increasing withdrawal the degree of change of the chemical composition is increasing.

**Acknowledgements:** *This work has been supported in Hungary by Grant T037269 of the Scientific Research Fund and Grant MX-11/2007 of the National Office for Research and Technology, and in Mexico by Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia.*

## CONTRIBUTION À LA GESTION INTÉGRÉE DES RESSOURCES EN EAU DU BASSIN SUPÉRIEUR DE L'OKPARA

**Vissin E. W.<sup>1</sup>, Houssou C. S.<sup>1</sup> et Boko M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Pierre PAGNEY : Climats, Eau, Ecosystèmes et Développement (LACEEDE). Université d'Abomey-Calavi. BP 1338, Abomey-Calavi, République du Bénin  
Email: [exlaure@yahoo.fr](mailto:exlaure@yahoo.fr), [christpassze@hayoo.fr](mailto:christpassze@hayoo.fr), [mboko47@live.fr](mailto:mboko47@live.fr)

L'eau, de nos jours fait l'objet de plusieurs assauts liés à la démographie croissante. Une Gestion Intégrée de la Ressource (GIRE) en Eau s'avère de ce fait indispensable au Bénin. Un Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau s'impose donc en vue de la planification de la ressource pour préserver sa durabilité. Le cas du bassin versant de l'Okpara à Nanon, affluent de l'Ouémé qui est le principal cours d'eau du Bénin a fait l'objet de la présente étude.

Les données de débits manquantes sur la station de Nanon ont été comblées grâce à la régression multiple de type linéaire. Les débits calculés ont été simulés avec le modèle GR2M sur trois sous périodes en calage et en validation.

Durant la période 1970-1990, les graphes d'indice hydro ont révélé une tendance à la sécheresse hydrologique, caractérisée par une diminution des volumes écoulés sur l'ensemble des stations.

La moyenne pluviométrique obtenue à partir du polygone de Thiessen sur le bassin versant nous a permis de confirmer cette péjoration climatique. Par l'utilisation de la formule du bilan hydrologique de LE BARBE et al, (1993), l'analyse de l'évolution des termes du bilan a été fait.

Les besoins en eau pour l'approvisionnement en eau potable, l'agriculture et l'élevage ont été évalués en fonction de la population.

Avec ces différents résultats, des projections sur la disponibilité de la ressource à l'horizon 2025 ont été réalisées. Le scénario optimiste prévoit une population de 745 000 habitants dans le bassin qui auront des besoins en eau de 10 millions de m<sup>3</sup>/an en tenant compte de l'augmentation de ces besoins et en suivant la tendance climatique de baisse des écoulements et d'augmentation de la température prévue par le modèle HBV.

**Mots-clés** : bilan hydrologique, indice hydro, Modèle GR2M, GIRE

## LE CONTRÔLE TECTONIQUE SUR LE FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE DU SYSTÈME KARSTIQUE DU PLATEAU DE LAKHSSAS (ANTI-ATLAS OCCIDENTAL, MAROC)

**Wanaim Abderrahmane<sup>1,2,3</sup>, Belfoul Alaeddine<sup>1,2,3</sup>, Bouzid Sophia<sup>1,2,3</sup> et Faïk Farid<sup>1,2,3</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire GESCAT, Faculté des Sciences; Univ. Ibn Zohr Agadir, Maroc

<sup>2</sup>Groupe scientifique multidisciplinaire 2GSM, pour l'étude des grottes du Sud marocain

<sup>3</sup>Association de Spéléologie d'Agadir (ASA)

Email: [abdougeologue@gmail.com](mailto:abdougeologue@gmail.com)

Le plateau de Lakhssas est un massif calcaire à activité karstique assez évoluée. Il appartient au couloir paléozoïque séparant les boutonnières précambriennes de Kerdous à l'Est et d'Ifni à l'Ouest. Ce massif assure également la transition entre la plaine de Tiznit au sud et celle de Guélmim au nord.

Ce domaine regorge de structures karstiques en particulier, d'espaces spéléologiques diversifiés dominés par des grottes et des gouffres. Ces formes sont creusées dans les calcaires géorgiens grâce à des processus karstiques ayant été particulièrement actifs pendant le plio-quadernaire. Une étude stratifiée multiparamètres compilant les espaces spéléologiques inventoriés aux structures tectoniques répertoriées par l'analyse des données de terrain d'une part, aux caractéristiques lithologiques, hydrogéologiques et géomorphologiques d'autres part, a permis de démontrer que le

canevas tectonique est fondamentalement responsable de l'initiation et du façonnement des processus de la karstogenèse.

Le couloir de lakhssas représente le principal château d'eau qui alimente les plaines de Tiznit au Nord, de Guélmim au sud et de Tioughza à l'Ouest. Le fonctionnement hydrologique du système karstique suit étroitement les principaux linéaments structuraux et montre des perturbations compatibles avec les changements géomorphologiques qui se sont opérés pendant la période plio-quadernaire.

La qualité de ces eaux dépend de l'environnement de ces aquifères et de leur vulnérabilité à la pollution. Par rapport à ce dernier paramètre, le fonctionnement hydrologique du système karstique se trouve contaminé par les eaux usées due au manque du réseau d'assainissement dans la plupart des agglomérations du plateau de Lakhssass et par la gestion rudimentaire des décharges publiques. Cette vulnérabilité est amplifiée par la nature calcaire soluble du plateau, lui même fracturé, plissé et schistosé, permettant ainsi, le passage et l'écoulement de produits polluants aux sources et aux nappes phréatiques de part et d'autres du massif karstique.

La bonne gestion de ces eaux demande la cartographie de la vulnérabilité, pour délimiter la contamination des sources et de la nappe.

#### **TRAINING ACTIVITIES AND Ph-D PROGRAM OF SMART RESEARCH PROGRAM AS PART OF AN INTEGRATED WATER RESOURCE MANAGEMENT CONCEPT FOR THE JORDAN RIVER VALLEY (JRV)**

**Wasim Ali<sup>1</sup>, Hoetzi Heinz<sup>1</sup>, Wolf Leif<sup>1</sup>, Ghanem Marwan<sup>1</sup>, Vanafferden Manfred<sup>1</sup>, Cardon Jaime<sup>1</sup> and Riepl David<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>SMART Research Project, Department of Applied Geology, Karlsruhe University, Germany, Tel: 0049 721 608 2758, Fax: 0049 721 606 279,

Email: [wasim.ali@agk.uka.de](mailto:wasim.ali@agk.uka.de), [Heinz.hoetzi@agk.uka.de](mailto:Heinz.hoetzi@agk.uka.de), [leif.wolf@agk.uka.de](mailto:leif.wolf@agk.uka.de), [Marwan.ghanemphg@yahoo.com](mailto:Marwan.ghanemphg@yahoo.com), [manfred.afferden@ufz.de](mailto:manfred.afferden@ufz.de), [jaime.cardona@ufz.de](mailto:jaime.cardona@ufz.de), [David.Riepl@agk.uni-karlsruhe.de](mailto:David.Riepl@agk.uni-karlsruhe.de)

The main objective of the research program SMART, funded by the German Federal Ministry of Science and Research (BMBF), was to achieve an integrated water resource management concept for the Jordan River Valley (JRV).

One of the main activities of Work package 11 within SMART research program is the training and capacity building activities, which play a major role in the sustainable management of available water resources concepts.

The training and capacity building program in Jordan and Palestine was based on demonstration, technology transfer in the field of Decentralized Wastewater Systems Solutions (DWWSS) and was designed, developed and tested as a pilot teaching unit for primary schools in Ramallah, Palestine and Al- Salt, Jordan. The training enhances the reflection process about wastewater components and gives arguments to the participants to understand the possibilities of wastewater treatment and its reuse purposes in decentralized systems.

Another training program dealing with protection zones for springs and wells was carried out in Ramallah, Palestine. This workshop for water experts stressed the vital need of protection zones regulations to protect extracting ground water wells and springs from pollution.

To enhance intensive scientific and cultural exchange of the students from the participating countries, within the SMART project a PhD program was launched. The young scientists profited from this vital and important program. This program was in addition a very successful tool for technology transfer.

For promoting and sharing the results with the associated project partners and informing not only internal users, but also the public (e.g. stakeholders), a project website was established. The website

provides current information about research and implementation activities and results of the work packages, information concerning the project meetings and Project Status Reports.

**Keywords:** Training activities, PhD program of SMART research project, water resources management concept, Lower Jordan Rift Valley (LJV)

## **INCORPORATING CLIMATE CHANGE IN PLANNING OF WATER RESOURCES PROJECTS**

**Wasimi Saleh A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CQ University, Rockhampton, Queensland 4702, Australia

Email: [s.wasimi@cqu.edu.au](mailto:s.wasimi@cqu.edu.au)

Climate change is arguably manifesting in many parts of the world as increases in atmospheric temperature, reduction in precipitation amounts, rise in sea-level, and more extreme weather events such as floods, droughts, and tropical cyclones. Water resources projects are susceptible to climate change in many different ways. On the supply side, there are both quantity and quality implications – for instance with a dam project, increased atmospheric temperature would reduce storage due to higher evaporation loss and could accelerate toxic plant growth deteriorating water quality. On the demand side, higher temperatures are likely to augment demand for irrigation water for crops for example and tend to increase domestic water usage. From operation and management perspective, a change in operation policy may be warranted to deal with increased variability in weather pattern. From socioeconomic viewpoint climate change can have profound consequences such as population migration, changes in cultural practices and economic activities of people affecting spatial and temporal distribution of demand for water. Under these circumstances, it is imperative that a water resources project planning process incorporate climate change as one of the factors. However, this is strategically difficult because climate change process is slow and need long-range projections to isolate the shift in regime from the natural variability. There are not many reliable tools available to make long-range projections. Nevertheless, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) have compiled research contributions of many scientists who used various GCMs (General Circulation Models) for long-range projections, which can be integrated with statistical trends observed in a region as measures of climate change in the decision making process.

## **RURAL PEOPLE AND BLUE FAN PALM OASES: DEVELOPING INITIAL ANTICIPATED KNOWLEDGE ON A KEY DESERT GEOGRAPHIC AREA OF NORTHERN BAJA CALIFORNIA**

**Wehncke Elisabet V.<sup>1</sup> and López-Medellin Xavier<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>San Diego Natural History Museum, Biodiversity Research Center of the Californias, USA

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, Mexico

Email: [elisabetw@ecologia.unam.mx](mailto:elisabetw@ecologia.unam.mx); [lizwehncke@gmail.com](mailto:lizwehncke@gmail.com), [xlmedellin@correo.oikos.unam.mx](mailto:xlmedellin@correo.oikos.unam.mx)

We integrated preliminary information on the environment, human impacts, a review of aquifer conditions in the study region, and the perceptions of the inhabitants on blue fan palm (*Brahea armata*) oases in the northern State of Baja California. The perception of rural people regarding oases differed between the three studied sites, and we suggest that this may be related with the origin and main activities of locals. The inaccessibility of most blue fan palm oases has helped to keep them in good ecological conditions; however in view of the accelerated growth of tourism and coastal developments coupled with predicted climatic desertification, water management strategies and technologies for efficient water use and reuse should be implemented in the region.

## PROMOUVOIR DES APPROCHES INNOVANTES DE RECHERCHE-DÉVELOPPEMENT EN MATIÈRE DE GIRE AU BURKINA FASO

**Wellens J.<sup>1</sup>, Diallo M.<sup>2</sup>, Gardin N.<sup>1</sup>, Midekor A.<sup>3</sup>, Compaore N.F.<sup>4</sup>, Dakoure D.<sup>3</sup>, Karambiri H.<sup>5</sup>,  
Derouane J.<sup>6</sup>, Brouyere S.<sup>7</sup> et Tychon B.<sup>8</sup>**

<sup>1</sup>Direction Régionale de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins

<sup>2</sup>Association Eau, Développement & Environnement ;

<sup>3</sup>Observatoire de l'Eau de l'Ouest du Burkina Faso ;

<sup>4</sup>Programme Valorisation des Ressources en Eau dans l'Ouest ;

<sup>5</sup>Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement ;

<sup>6</sup>Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Ressources Naturelle et de l'Environnement.

<sup>7</sup>Université de Liège, Département GEOMAC ;

<sup>8</sup>Université de Liège, Département Sciences et Gestion de l'Environnement.

Email: [J.Wellens@apefe.org](mailto:J.Wellens@apefe.org)

Le bassin du Kou, situé dans le sud-ouest du Burkina Faso, est depuis quelques décennies le théâtre de différentes formes de conflits liés à toute une série de problèmes que l'on rencontre généralement dans des zones irriguées. Dans le bassin du Kou, les aménagements hydro-agricoles couvrent une superficie totale de près de 2.000 ha ; il s'agit des périmètres privés maraîchères et horticoles, et d'un grand périmètre de 1.200 ha réalisé par l'Etat.

Malgré la présence de sources importantes, d'une nappe phréatique facilement exploitable et d'un cours d'eau pérenne, la plupart des utilisateurs se retrouvent régulièrement confrontés à des pénuries d'eau résultant d'une extension de l'agriculture irriguée.

Depuis 1987 les autorités politiques et administratives ont entrepris de rechercher avec les usagers concernés les voies pour circonscrire les menaces résultant de cette situation par la création d'un Comité 'provisoire' de Gestion du Bassin du Kou (CGBK). Malgré l'imagination dont il a fait preuve et les nombreuses réalisations à son actif, il aura fallu attendre l'année 2008 pour voir la naissance d'un Comité Local de l'Eau (CLE), inspiré des expériences du CGBK. Celui-ci s'inscrit dans le cadre d'une GIRE décentralisée voulue par l'Etat burkinabé.

La particularité de ce CLE est la montée en puissance en son sein de l'action de la société civile. Cette dernière s'est engagée à la mise en chantier d'une innovation institutionnelle : un Observatoire de l'Eau (OE). Il a pour vocation d'appuyer les pouvoirs publics dans le développement de programmes d'études relatifs à la gestion des ressources en eau. A travers l'élaboration d'une base de données spatialisée, l'OE se concentre sur la mise en place d'outils de contrôle et de suivi des ressources en eau et de leur exploitation. Les outils et études développés sont restitués et discutés lors des réunions du CLE. Ils permettent au CLE de mieux prévoir des futurs conflits liés à l'eau et servent également comme outil d'arbitrage.

**Leçons tirées :** L'expérience témoigne que de nouvelles articulations des responsabilités en matière de recherche-développement dans le domaine de l'eau entre l'Etat, les collectivités locales, la société civile et le secteur privé sont nécessaires et possibles.

**Importance du cas pour la GIRE :** Les ressources en eau du bassin offrent une opportunité de développement. L'étude montre comment donner un plus grand épanouissement à cette dynamique et l'acheminer dans une perspective de développement durable.

**Mots-clés :** GIRE, société civile, recherche-développement, outils de suivi et évaluation

## UTILISATION DES PRISES DE VUE AÉRIENNE À BASSE ALTITUDE POUR LE SUIVI DES ACTIVITÉS HYDRO-AGRICILES – CAS DU BASSIN DU KOU

**Wellens J.<sup>1</sup>, Diallo M.<sup>2</sup>, Dakoure D.<sup>3</sup>, Compaore N.F.<sup>4</sup>, Denis A.<sup>5</sup> et Tychon B.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>APEFE/DRI-CGRI, Communauté francophone de la Belgique & Direction Régionale de l'Agriculture,  
de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques des Hauts-Bassins

<sup>2</sup>Association Eau Développement et Environnement (A.E.D.E)

<sup>3</sup>Observatoire de l'Eau de l'Ouest du Burkina Faso

<sup>4</sup>Programme Valorisation des Ressources en Eau dans l'Ouest (VREO)

<sup>5</sup>Université de Liège, Département Sciences et Gestion de l'Environnement

Email: [J.Wellens@apefe.org](mailto:J.Wellens@apefe.org)

Le bassin du Kou, situé dans le sud-ouest du Burkina Faso, est depuis quelques décennies le théâtre de différentes formes de conflits liés à toute une série de problèmes que l'on rencontre généralement dans des zones irriguées.

Dans le bassin du Kou, les aménagements hydro-agricoles recensés couvrent une superficie totale de près de 3.200 ha ; il s'agit pour l'essentiel de périmètres privés formant la ceinture maraîchère et horticole de Bobo-Dioulasso et d'un grand périmètre de 1.200 ha réalisé par l'Etat à Bama et spécialisé dans la production du riz. Le développement d'une filière fruits et légumes sous l'impulsion de l'initiative privée est un trait caractéristique de la production irriguée dans la région.

Outre l'abondance en eau liée à la présence de sources importantes, d'une nappe phréatique facilement exploitable, d'un cours d'eau pérenne et un hivernage à caractère sub-humide, la plupart des utilisateurs d'eau se retrouvent régulièrement en pénurie d'eau suite à l'extension non contrôlée de l'agriculture irriguée.

Ceci a conduit les gestionnaires du bassin à rechercher des outils de contrôle et de suivi.

A partir de plus de 300 prises de vue aérienne 'amateurs' à basse altitude, ayant une résolution de 0,8 m., une image d'occupation détaillée des sols a pu être élaborée. Des logiciels de mosaïquage, de traitement d'images et de SIG ont permis la construction d'une seule image géoréférencée. Les parcelles agricoles irriguées ont ainsi pu être délimitées. Leurs occupations ont été comparées et complétées avec les résultats d'un recensement hydro-agricole exhaustif organisé au même moment. Cette technique permet un suivi spatial des activités agricoles à moindre coût par rapport à l'acquisition des images satellites à haute résolution. L'approche est également moins sensible aux influences atmosphériques non-prévisibles dans la programmation des images satellites. Elle répond avec une précision largement suffisante aux objectifs de suivi et contrôle des parcelles irriguées demandés par les gestionnaires du bassin.

**Mots-clés :** prises de vue aérienne, gestion de l'eau, agriculture, occupation du sol, mosaïquage, télédétection, SIG, recensement agricole.

## BIOTIC IMPLICATIONS OF A REDUCING SUPPLY OF FRESHWATER FOR ESTUARIES - A SOUTH AFRICAN PERSPECTIVE

**Wooldridge Tris H.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Zoology, PO Box 77000, Nelson Mandela Metropolitan University, Port Elizabeth,  
6031, South Africa. Phone: +27 41 5042425. Fax: +27 41 5042317.

Email: [Tris.wooldridge@nmmu.ac.za](mailto:Tris.wooldridge@nmmu.ac.za)

The ever-increasing demand for freshwater by domestic, industrial and agricultural consumers is now a serious issue for many countries around the world, particularly those in arid climatic regions. In South Africa, large storage reservoirs have the capacity to retain >50% of the Mean Annual Runoff (MAR) of freshwater and this has negative implications for downstream estuaries. The significance of

river regulation in South Africa is better appreciated when considering that only about 18% of 250 estuaries remain permanently tidal. Most of the remaining estuaries (>70%) close of from the sea periodically owing to sandbar development in tidal inlets. River impoundments also reduce the frequency and amplitude of flood events and many estuaries are also closing more frequently and for longer periods. Consequently, many local estuaries no longer function naturally and this has implications for the biota. For example, the mudprawn *Upogebia africana* is an important benthic species in estuarine foodwebs, but it requires an obligatory marine phase of larval development. If the estuary mouth closes, recruitment to estuarine populations ceases and the species becomes locally extinct if the closed mouth phase becomes protracted because of river regulation. Numerous other impacts of river regulation on estuarine functioning are now identified, leading to management interventions that are designed to ensure the future sustainability of these important coastal ecosystems.

### **MIXING OF SALINE AND FRESHWATER IN A COASTAL AQUIFER, SOUTH OF IRAN**

**Zargham Mohammadi<sup>1</sup>, Zare M.<sup>1</sup> and Sharifzade B.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Earth Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran

Email: [zmohamad@shirazu.ac.ir](mailto:zmohamad@shirazu.ac.ir)

Groundwater salinization has become a crucial environmental problem worldwide. It has been established that overexploitation of groundwater increase quality degradation due to intensive agricultural and industrial activities. The natural groundwater flow systems may change and usually act reverse in coastal aquifer consequently causing seawater intrusion. The area under study (Abdan - Dayyer aquifer) is located in the South-West of Iran. The dry season is pronounced and this aggravates the situation, given that the highest water demand usually coincides with the drought period (dry weather conditions). There is some indication of saltwater intrusion into coastal freshwater. The principal aim of this study is to identifying the mixing between saltwater and freshwater in the system. In order to achieve this aim, chemical and isotope parameters were measured, such as electrical conductivity, pH, temperature, major anions and cations, bromide concentration and oxygen-18 and deuterium content. Mixing processes is evidenced by considering two end members on composite diagrams of chemical and isotope data versus concentration of Cl as a conservative species. The mixing ratio is estimated according to linear mixing equation between two end members. Ionic deviation used for tracing of cation exchange and dedolimitization processes through saltwater intrusion. As a result, the main processes controlling the hydrochemistry of groundwater are cation exchange, dedolimitization and saltwater intrusion, enhanced by excessive withdrawal of groundwater.

### **DÉLIMITATION DES ZONES DE PROTECTION DES EAUX SOUTERRAINES EN MILIEU FISSURÉ. CAS DE LA SOURCE DE AIN TALHI, WILAYA DE SOUK AHRAS, ALGÉRIE**

**Zenati N.<sup>1,2</sup> et Messadi D.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratoire Sécurité Environnementale et Alimentaire. Université Badji Mokhtar Annaba.

<sup>2</sup>Centre Universitaire de Souk Ahras, Souk Ahras, Algérie

Email: [Zenati\\_nouredine@yahoo.fr](mailto:Zenati_nouredine@yahoo.fr)

Les eaux souterraines sont souvent vulnérables et, depuis quelques décennies toutes sortes de pollutions diffuses ou potentielles sont apparues et s'amplifient dans de nombreuses régions. Les causes proviennent essentiellement du comportement des utilisateurs du sol et du sous-sol par manque de réglementation dans le passé, mais surtout par défaut de connaissance et de

sensibilisation, vis à vis de la valeur du patrimoine qui constituent ces ressources cachées, et de leur fragilité, ou par négligence ou absence de sens civique.

La source de Ain Talhi est située dans les monts de Ras El Kalaia, dans la wilaya de Souk Ahras, sur la route nationale N° 16, entre les deux communes Machrouha et Ain Seynour. Elle se trouve dans l'affleurement sus-jacent au Trias constitué essentiellement de formation argilo-gypso-gréseux et de calcaire gris en plaquettes.

Le captage est considéré comme peu vulnérable. Il est distingué par des débits et des caractéristiques physico-chimiques stables même en cas de forte précipitation. Les risques de contamination bactériologiques se limitent essentiellement à des infiltrations dans les abords immédiats du captage. Les risques de pollution menaçant la qualité des eaux de la source de Ain Talhi sont donc essentiellement liés à l'élevage et au comportement des humains.

La source de Ain Talhi doit être protégée par trois périmètres de protection à l'intérieur desquels les activités polluantes sont strictement réglementées.

### **ORIGINE DE LA MINÉRALISATION DE LA NAPPE SOUTERRAINE DU CAP BON (TUNISIE) : APPROCHES GÉOLOGIQUE ET NUMÉRIQUE**

**Zghibi Adel<sup>1</sup>, Zouhri Lahcen<sup>1</sup> et Tarhouni Jamila<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Institut Polytechnique LaSalle Beauvais, Département de Géosciences, Rue Pierre Waguet, B.P. 3031, 60026 Beauvais Cedex, France

<sup>2</sup>Institut National Agronomique de Tunisie, Laboratoire de Sciences et Techniques de l'Eau  
43, Avenue Charles Nicolle 1082, Tunis, Mahrajène, Tunisie

Email: [lahcen.zouhri@lasalle-beauvais.fr](mailto:lahcen.zouhri@lasalle-beauvais.fr)

En utilisant le code Groundwater Modelling System (GMS), la modélisation hydrodynamique de l'aquifère plio-quadernaire de la côte orientale du Cap-Bon (Tunisie) a permis de comprendre son fonctionnement hydrogéologique, en estimant les échanges latéraux de la l'aquifère avec la Méditerranée et son réseau hydrographique. En se basant sur l'état piézométrique de 1970, le calage du modèle mathématique en régime permanent a permis : i) d'affiner la distribution spatiale de la conductivité hydraulique sur l'ensemble du domaine dont les valeurs varient de 5 à 12m/j ; ii) de dresser le bilan de l'aquifère en régime permanent.

En régime transitoire, les coefficients d'emmagasinement obtenus oscillent entre  $3 \times 10^{-5}$  et  $2 \times 10^{-3}$ . Les régions les plus transmissives ( $T > 60 \text{m}^2/\text{j}$ ) sont localisées dans la zone côtière Est et dans le Sud-Ouest. Les variations importantes de la transmissivité sont observées à la partie centrale de l'aquifère.

Les configurations piézométriques relevées durant les périodes 1962, 1977, 1996 et 2004 ont marqué une exploitation intensive très localisée dans l'espace. Cette surexploitation se traduit par une augmentation progressive de la salinité des nappes souterraines

Le bilan issu de ce calage a mis en évidence des entrées d'eau de mer. Le déstockage enregistré est de l'ordre de  $4 \text{Mm}^3/\text{an}$ .

**Mots-clés** : Modélisation, GMS, Permanent et transitoire, salinité, Tunisie.



## **ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY: THE ROLE OF PLATE/PEAK ELECTRODES IN THE HYDROGEOLOGICAL INVESTIGATION OF THE CHALK AQUIFER (BEAUVAIS, FRANCE)**

**Zouhri Lahcen<sup>1</sup> and Lutz Pascale<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Department of Geosciences, Institute Polytechnique Lasalle Beauvais, Rue Pierre Waguet - BP  
30313, F-60026 Beauvais Cedex

Email: [Lahcen.zouhri@lasalle-beauvais.fr](mailto:Lahcen.zouhri@lasalle-beauvais.fr)

Electrical Resistivity Tomography (ERT) has been used in order to explore an experimental site of Polytechnic Institute LaSalle in Beauvais (Northern part of the Parisian Basin, France). The test was conducted along a profile line of length 315 meter, using 64 electrodes deployed at an inter-electrode spacing of 5 meter and the data were recorded using Gradient (a type of Schlumberger array), Wenner and Pole-Dipole arrays. The performance of plate (non-conventional flat-based) electrodes is compared with the performance of peak (conventional spike) electrodes.

The hydrogeophysical investigation of the chalk aquifer system of Beauvais shows that the performance of plate electrodes is satisfactory, leading to inversions of small root mean square (RMS) errors. Peak and Plate electrodes were tested before and after injection of the salt tracer in the piezometer of the experimental site. Thus, the study demonstrates the usefulness of the ERT method in geoelectrical investigations, which is economic, efficient and less time-consuming in comparison with the other geophysical methods.

**Keywords:** electrical resistivity tomography, chalk aquifer, plate, peak electrodes, hydrogeophysical, France.

## TABLE DES RÉSUMÉS/ ABSTRACTS TABLE

The desalination of water in North Africa: A solution inevitable?	
<b>Ahmed Kettab</b> .....	1
Origine de la salinité dans les eaux souterraines : vers une typologie élargie	
<b>Jean-Luc Michelot</b> .....	1
Intégration des limites du développement durable des ressources en eau vis-à-vis des impacts socio-économiques de la pollution, de la qualité des eaux, de la santé publique et des paramètres écologiques	
<b>Mania Jacky</b> .....	2
GW-MATE's 10 year experience... lessons useful for the MENA region	
<b>Héctor Garduño</b> .....	2
Modélisation des écoulements souterrains de l'aquifère de Tiznit	
<b>Aarab M. et Bouchaou L.</b> .....	3
Simulation numérique des nappes souterraines de la plaine de Fès- Méknes	
<b>Abbassat Redouane</b> .....	3
Biofilm effluent polishing for removal of metals and recalcitrant organics	
<b>Abd.Rahman Rakmi, Abu Bakar Mohamad and Amir Hassan Khadum</b> .....	4
Groundwater quality of coastal area of Tripoli and southwest Sahara part of Libya	
<b>Abdalla R., Rinder T., Dietzel M. and Leis A.</b> .....	4
Modeling water-harvesting systems in a semi arid catchment (Merguellil-Tunisia)	
<b>Abouabdillah A., De Girolamo A.M., Oueslati O., and Lo Porto A.</b> .....	5
Estimation de l'évapotranspiration au niveau de la plaine du Haouz au Maroc par utilisation d'une série d'images de moyenne résolution 2000-2009	
<b>Abourida A., Le Page M., Simonneaux V., Kharrou H., Berjami B. et Chehbouni A. G.</b> .....	6
Spatialisation et modélisation des précipitations dans le bassin versant de La Mina, Algérie	
<b>Achite Mohamed et Touabia Bénina</b> .....	7
Salinisation of groundwater in the Lagos coastal aquifers of Nigeria	
<b>Adebo B. A. and Adetoyinbo A. A.</b> .....	7
Pour une meilleure gestion intégrée des ressources en eau : nécessité des instruments économiques et financiers	
<b>Adessou K. Sena et Sodahlon D. Kofi</b> .....	8
Geostatistical interpolation of monthly rainfall in Kashafrud basin	
<b>Afzali Ali and Vafakhah Mahdi</b> .....	8
Eco-Friendly check dams boost irrigation and agriculture in India's drylands	
<b>Agoramoorthy Govindasamy</b> .....	9
Origine de la salinité des eaux superficielles et profondes dans la région de Marrakech : approche hydrochimique et isotopique	
<b>Ait Lemkademe A., Michelot J-L., Benkaddour A., Hanich L. et Maliki A.</b> .....	9
Les SIG et modèle DRASTIC pour l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines dans la plaine de Berrechid, Maroc	
<b>Ait Sliman Abdelaziz</b> .....	10
Petits barrages au Maroc : option pour améliorer la gestion intégrée des ressources en eau et s'adapter aux changements climatiques	
<b>Ait Lhaj Abderrahmane</b> .....	10
Mapping soil salinization using GIS and Remote Sensing	
<b>Akramova Indira and Kenjabaev Shavkat</b> .....	11
Feflow hydrodynamic modeling of the Sana'a basin	
<b>Al Wathaf Yahia, El Mansouri Bouabid and Kacimi Ilyass</b> .....	12
Balneological study based on hydrogeochemical aspects of the sulphure springs waters within Abu- Jir fault zone (Hit - Kubaiysa region)	
<b>Al-Dulaimy Abed S., J-Mohammed Hussni, Mohee Hussin Bayan and A- Karbey Mushtaq</b> .....	12
Avalanche – Related Hydrologic Risk and morphodynamic potential in some southern valleys in Fagaras Mountains	
<b>Alexandru Nedelea and Comanescu Laura</b> .....	13
Electrodes Ions Selectives (ISEs) de Cd <sup>2+</sup> , Hg <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> : conditions pour des mesures correctes et applications dans l'analyse pour les eaux potables, industrielles et résiduares	
<b>Alimokhnache S., Mokrani Djelloul K., Nammouchi N. et Messadi D.</b> .....	14
Investigation of possible impacts of climate change on rainfall at south-western Saudi Arabia	
<b>Al-Wagdani Abdullah S.</b> .....	14

Integration of the geophysical and hydrogeochemical methods for delimitation of the Saltwater intrusion in coastal aquifers	
<b>Amaro S., Stigter T., Stitou El Messari J., Ribeiro L., Casas A. and Himi M.</b> .....	15
Recherche et identification des Adenovirus, Enterovirus, Astrovirus et Norovirus dans des eaux usées épurées au Maroc: Etudes de cas de deux stations d'épuration marocaines	
<b>Amdiouni Hasna, Oubrim Nadia, Fariat Nadia, Benabbes Laila, Cohen Nozha, Soukri Abdelaziz et Nourlil Jalal</b> .....	16
Evolution de la composition isotopique de l'eau dans le continuum Sol-Plante-Atmosphère	
<b>Amezou N., Marah H., Raibi F., Vincent S., Hanich L., Khabba S., Boujamlaoui Z., Ezzahar J., Erraki S., Chahbouni G., Heng L. et Newman B.</b> .....	17
Les eaux usées du Grand Casablanca : possibilités de traitement et de réutilisation en agriculture urbaine	
<b>Amraoui F., Chlaida M. et Moutaib Z.</b> .....	17
Colour and COD removal of disperse dye solution by a novel coagulant: application of statistical design for the optimization and regression analysis	
<b>Anouzla Abdelkader, Abrouki Younes, Souabi Salah, Safi Mohammed and Rhbal Hicham</b> .....	18
Dégradation des sols dans les sols arides et semi-arides (exemple de la région de Marrakech et Essaouira)	
<b>Arabi B., Daoudi L. et Fagel N.</b> .....	18
Integrated geophysical approach for groundwater exploration in hard rock terrain. A case study from Akaka/ Mamu areas of southwestern Nigeria	
<b>Ariyo S. O. and Adeyemi G. O.</b> .....	19
Maitrise des processus physico-chimiques et biogéochimiques majeurs déclenchés lors de la recharge artificielle des aquifères par des eaux usées traitées	
<b>Azaroual M., Casanova J. and Rampnoux N.</b> .....	19
La nappe barrémo-albo-aptienne du synclinal de Remtha (Atlas saharien occidental) : modélisation et gestion	
<b>Baba-Hamed K., Derdour A. et Bouanani A.</b> .....	20
La filtration sur sable : recherche et optimisation	
<b>Baba-Hamed K. et Bouanani A.</b> .....	21
Diagnostic écologique et dynamique du zooplancton dans un continuum aquatique: de l'oued Massa à son embouchure	
<b>Badsı Hind, Oulad Ali Hassan et Erouissi Hind</b> .....	21
Intégration du modèle USLE dans un SIG pour la cartographie de l'érosion hydrique dans le bassin versant El Kharroub (Rif occidental)	
<b>Baghdadi M., Khattabi A., Sabir M. et Ezzahiri M.</b> .....	22
Impacts des transformations des écosystèmes forestiers sur le comportement hydrologique du sol	
<b>Baghdadi M., Khattabi A., Sabir M. et Ezzahiri M.</b> .....	23
rôle du bassin versant du Ksob dans l'évolution environnementale récente du littoral d'Essaouira : perspectives pour un aménagement raisonné et durable	
<b>Baiddah Abdeslam et Daoudi Lahcen</b> .....	23
Traitement des effluents de textiles par couplage de procédés physico-chimiques et procédés membranaires de microfiltration	
<b>Barrouk I., Alami Younssi S., Kabbabi A. et Ben Amar R.</b> .....	24
Apport du système d'information géographique (SIG) à l'établissement d'une carte hydrogéologique de la région des Doukkala	
<b>Belahmira Abouchouaib, Mdiker Nabil, El Achheb Abderrahim, El Maliki Soufiane, Souhel Abdellatif et Ettachfini El Mostafa</b> .....	25
Constructed Wetlands – sustainable approach for wastewater treatment in rural areas	
<b>Belic andelka and Belic Sima</b> .....	25
Pollution of phreatic waters influenced by liquid waste disposal site	
<b>Belic Sima and Belic andelka</b> .....	26
Etude de la vulnérabilité de l'aquifère de R'mel (Larache). DRASTIC comme méthode	
<b>Ben Driss Nisserine et Villarroya Gil Fermín Ignacio</b> .....	27
Etude d'impact des aménagements CES par application des modèles hydrologiques (cas du bassin versant de l'oued Oum Zessar)	
<b>Ben Zaied Mongi</b> .....	27
Occupation des sols et gestion durable de la ressource hydrique en Algérie	
<b>Benabdeli Khéloufi et Harrache Djamilia</b> .....	28

Cartographie de la vulnérabilité à la pollution de l'aquifère de Martil-Alila (Maroc) par utilisation d'une approche géophysique <b>Benabdelouahab S., Stitou El Messari J., Himi M., Ouazzani Touhami A., Draoui M., Salhi A. et Casas A.</b> .....	29
Etude de la variabilité spatiale des données hydrodynamiques du sol pour améliorer l'efficience de l'utilisation de l'eau <b>Benabdelouahab Tarik et Douaik Ahmad</b> .....	29
Economie d'eau d'irrigation dans les vergers d'agrumes : cas de la Navel /C. Troyer sur un sol sableux dans le Gharb (Maroc) <b>Beniken L., Benyahia H., Benkirane R., Dhan R., Benazouz A., Talha A., et Beqqali M.</b> .....	30
Le comportement d'un système hydrologique en climat méditerranéen par les analyses corrélatoire et spectrale et en ondelettes des débits et des pluies : cas du bassin sud-méditerranéen du K'sob (M'sila – Algérie) <b>Benkadja Rachid</b> .....	30
La Sécheresse du printemps et de l'été 2003 : une remise en cause de la gestion de la ressource en eau en moyenne montagne ? <b>Benmalek Yohann</b> .....	31
Protection des eaux de l'oued Bouregreg : traitement du lixiviat <b>Benradi F., El Yahyaoui A., Bouhlassa S., Nounah A., Cherkaoui E. et Naji S.</b> .....	32
diagnostic sur la ressource eau et sa gestion dans le contexte de l'Oranie (Algérie nord- occidentale) : situation, perspectives et stratégies <b>Benyahia M., Abdelhakk H.K., Kerfouf A. et Moueddene K.</b> .....	33
Approche intégrée pour la planification des ressources en eau dans le bassin du Haouz <b>Berjamy B, Tilborg H., Huber M., Wolfer J., Fakir Y., Le Page M. and Abourida A.</b> .....	34
Monitoring of reactive fronts during wastewater infiltration in unsaturated soil zone in the framework of an aquifer artificial recharge process – Pilot scales study <b>Besnard Katia, Rampoux Nicolas, Casanova Joël, Azaroual Mohamed and Pettenati Marie</b> ...	35
Poly(Vinyl Alcohol)/Poly(4-Vinylpyridine) novel metal-chelating membrane for sorption and filtration of Hg(II) from aqueous solution <b>Bessbousse H., Rhilalou T., Verchère J.-F. and Lebrun L.</b> .....	36
L'intérêt de l'assainissement autonome pour la préservation du sud algérien <b>Bessenasse Mohamed</b> .....	36
Le dessalement en Algérie : une obligation ou un choix <b>Bessenasse Mohamed</b> .....	37
modélisation mathématique de la sédimentation des retenues de barrages <b>Bessenasse Mohamed</b> .....	37
Trends in romanian streamflow in the context of climate change <b>Birsan Marius-Victor and Zaharia Liliana</b> .....	38
Apport des sig dans la caractérisation hydrochimique de la nappe du Crétacé inférieur de la région d'Ain-Sefra – Atlas saharien occidental – Algérie <b>Bouanani A., Rahmami A., Baba-Hamed K. et Boukli C.</b> .....	38
Impact de l'activité pétrolière sur la nappe du mio-pliocène dans le champ de Hassi Messaoud <b>Bouanani Abderrazak, Boudjema Abderrazak, Baba-Hamed Kamila, Guettaia Sabrina</b> .....	39
Sustainable Rivers Audit – An assessment of the health of the Murray–Darling basin rivers <b>Bouckaert Frederick</b> .....	39
Spatialisation de la température de l'air dans les montagnes atlasique a l'aide des données de l'infrarouge thermique <b>Boudhar A., Duchemin B., Hanich L., Boulet G., Simouneaux V. et Chehbouni A.</b> .....	40
Chimie des pluies en Algérie occidentale (Oran) <b>Boudjemline Djamel, Bounkhala Naïma et Loÿe-Pilot Marie Dominique</b> .....	41
Utilisation des SIG pour la caractérisation de la vulnérabilité à la pollution. Application à la nappe côtière de la région de Jijel (Nord-Est Algérien) <b>Boufekane A. et Saighi O.</b> .....	41
Signal d'entrée dans la plante en conditions de disponibilité hydrique homogène ( $^2\text{H}$ , $^{18}\text{O}$ ) <b>Boujamlaoui Z., Bariac T., Baghdad B. et Bouabdellaoui Y.</b> .....	42
Signal d'entrée dans la plante en conditions de disponibilité hydrique hétérogène ( $^2\text{H}$ , $^{18}\text{O}$ ) <b>Boujamlaoui Z., Bariac T., Bouabdellaoui Y. et Baghdad B.</b> .....	43

Contribution à l'étude géologique, hydrogéologique et hydrochimique de la nappe des Oulad Bou Sbaa, Province de Chichaoua, Maroc.....	44
<b>Boukhari K., El Mandour A., Laftouhi N. et Limam N.</b> .....	44
Impact du changement climatique sur les ressources hydriques du bassin versant de l'Ouergha (Rif-Maroc)	
<b>Boukrim S., Lahrach A. et Chaouni A.</b> .....	45
Evaluation des impacts des boues d'épuration sur les écosystèmes forestiers: avantages et risques	
<b>Bourioug Mohamed, Alaoui-Sossé Laurence, Raouf Naoufal, Benbrahim Mohamed, Laffary Xavier, Badot Pierre-Marie et Alaoui-Sossé Badr</b> .....	45
Impact pollutionnel des éléments chromeux et composés azotés sur les eaux de la nappe alluvionnaire d'El-Milia (nord-est algérien)	
<b>Bourzama Abdelhafid</b> .....	47
Impact de l'environnement sur la qualité des eaux profondes de la nappe de Drader	
<b>Boutaleb S., Bouchaou L., Lgourna Z., Edoulati N. et Hsissou Y.</b> .....	47
Caractérisation hydrochimique et aptitude des eaux de la nappe mio-plio-quadernaire du synclinal nord de région de Djelfa (Algérie)	
<b>Bouteldjaoui Fatah, Bessenasse Mohamed et Guendouz Abdelhamid</b> .....	48
La Gestion de l'eau d'irrigation dans la vallée de M'zab	
<b>Bouziid Amel</b> .....	48
Developing hydro-sources for environment and sustainability in Turkey: the Southeastern Anatolia Project (GAP) as a case study	
<b>Bulent Acma</b> .....	49
Modis Cloud Mask for snow mapping of northern Pakistan	
<b>Butt Mohsin Jamil and Shahzad Muhammad Imran</b> .....	49
Management of water use efficiency in irrigated agriculture	
<b>Bziava Konstantine, Odilavdze Tamaz, Katsarava Teimuraz, Hoogenboom Gerrit, Yeghiazaryan Gurgen, Verdiyev Rafig and Imanov Farda</b> .....	50
Lutte contre la désertification: l'expérience de l'Algérie	
<b>Chabani Abdelmadjid, Bekkouche Abdelmalek et Abdelaziz Yazid</b> .....	50
Système d'information géographique et d'aide à la décision pour la gestion intégrée des eaux de Béni Abbès (sud ouest algérien)	
<b>Chabani Abdelmadjid, Bekkouche Abdelmalek et Allali Merwan</b> .....	51
Gestion intégrée des ressources en eau du sous bassin versant amont de l'oued Boussellam. (Sétif, nord-est algérien)	
<b>Chaffai H., Boulgueraguer Z., Djorfi S. et Djabri L.</b> .....	52
Vulnérabilité de la ressource en eau et défis du développement durable du bassin d'Essaouira	
<b>Chamchati, H., Bahir, M., Chkir, N. et Carreira, P.</b> .....	52
Elaboration de la carte de sensibilité des eaux souterraines à la pollution. Application à la nappe du Souss au niveau du champ captant sud (Grand Agadir - sud du Maroc)	
<b>Cherkaoui Dekkaki H., Sahbi H., Lamrhary A., Larabi A. et El Yamine N.</b> .....	53
Application des transformées en ondelettes à l'étude du fonctionnement des systèmes aquifères atlasiques sahariens	
<b>Chettih M., Mouattah K. et Mesbah M.</b> .....	54
Caractérisation physico-chimique des sources du bassin versant du Sebou amont	
<b>Cholli M., Jerdioui A. et Benaabidate L.</b> .....	54
Adaptation mechanisms to climate change in two contrasting rural communities in Morocco	
<b>Chriyaa A., Laamari A., Nassif F., Ben Aouda H., El Mzouri E., Boughlala M., El Amiri B., Saloui A. and El Ouali A.</b> .....	55
Tranboundary water resources management between Tunisia, Algeria and Libya "Aquifer Nwsas"	
<b>Chulli Badia</b> .....	56
La relation entre la morphométrie et l'érosion des quelques bassins versants dans le plateau de Dobroudja	
<b>Comanescu Laura et Nedelea Alexandru</b> .....	56
Problème quantitatif des ressources en eau au bassin versant du Khébir ouest à Ain Charchar (nord est algérien)	
<b>Daifallah Tarek</b> .....	57
Gestion des risques naturels du bassin versant de l'oued Zat : approche par SIG	
<b>Derdabi Malika</b> .....	58

Réutilisation des eaux usées de la ville de Fès en agriculture maraichère dans la bassin versant de Sebou: impact sur l'environnement- Maroc	
<b>Derwich Elhoussine, Benziane Zineb et Benaabidate Lahcen</b> .....	58
Impact des rejets de la ville de Sefrou sur la qualité chimique des eaux souterraines dans le bassin du haut Sebou- Maroc	
<b>Derwich Elhoussine, Benziane Zineb et Benaabidate Lahcen</b> .....	59
La gestion intégrée de la ressource en eau de la wilaya de Annaba	
<b>Djabri Larbi, Bouhsina Saad, Hani Azzedine, Djabri Yacine and Gazgouz N</b> .....	59
Variabilité climatique et ressource en eau de surface, exemple du bassin versant de la Tafna (nord-ouest de l'Algérie)	
<b>Djedid Abdelkader et Adjim Hayat</b> .....	60
Pollution des eaux par les pesticides et les polluants organiques (analyses qualitatives – phénomènes d'épuration)	
<b>Djelloul Mokrani Karima, Amilmokhnache Salima et Messadi Djelloul</b> .....	60
Caractérisation de la vulnérabilité-sensibilité des eaux de la nappe alluviale du haut Chellif (Algérie)	
<b>Djoudar Hallal Dahbia et Toubal Ahmed Chérif</b> .....	61
Understanding a closed basin's meteorology and drought: extent of Konya closed basin's (Turkey) drought	
<b>Dogan Selim and Berkay Ali</b> .....	62
La cartographie du risque de contamination de l'aquifère détritique de Martil-Alila (Province de Tétouan, Maroc)	
<b>Draoui M., Vias J.M., Andreo-Navarro B., Targuisti K., Stitou J. et Maate A.</b> .....	62
Données et réseaux de mesure de la gestion de la ressource en eau	
<b>Dris Mohamed El-Amine, Benrahou K.H. et Aloui Z.</b> .....	63
Contrôle centralisé et optimisation des réseaux d'eau potable	
<b>Dris Mohamed El-Amine, Benrahou K.H. et Aloui Z.</b> .....	63
Variabilité climatique récente au maroc: apport des isotopes ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ et $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) de la cellulose du bois de la Cédraie atlantique	
<b>Ed Dabdoub M., Marah H., Sabir A. et Stievenard M.</b> .....	64
Origine et évolution spatio-temporelle de la minéralisation des eaux de la nappe de Bou Agba, bassin de Sebou, Maroc	
<b>Edoulati N., Boutaleb S. et Hsissou Y.</b> .....	65
Soil and groundwater contamination by irrigation with industrial wastewater (Settat, Morocco)	
<b>El Amrani Namira, Rochdi Aïcha, Benavente José, Robles Virginia Maria, Almécija Carmen, Hidalgo Maria Del Carmen, Martin Wenceslao and Bouzidi Abdelhamid</b> .....	65
Reconnaissance hydrogéologique des rides sud rifaines au nord de Méknes (Maroc)	
<b>El Aoufir Mohamed, Ben Ayachi Khalid, Benabbou Mohamed, Abelbasset Hessane Mohamed et El Fassi Fihri Omar</b> .....	66
Contribution à la gestion intégrée de la nappe de Berrechid à l'aide d'un outil d'aide à la décision	
<b>El Assaoui Naima, El Hajji Kacem, Sadok Abdelaziz et Amraoui Fouad</b> .....	67
Ecological reduction of pesticide water contamination using on-farm biopurification systems	
<b>El Bakouri Hicham, Morillo José, Usero José and Ouassini Abdelhamid</b> .....	68
Caractérisation préliminaire du fonctionnement hydrodynamique de la dorsale calcaire située au SE de la ville de Chefchaouen	
<b>El Bardai R., Andreo B. et Targuisti K.</b> .....	69
Gestion des risques naturels du bassin versant de l'oued R'dat : approche Par SIG	
<b>El Berkaoui Ghizlane, Algouti Abdellah and Azzaoui Kheir Eddine</b> .....	69
Does inventory of fixtures of toxic blooms with cyanobacteries, what the future reserve to us?	
<b>El Haji Mounia, Carriere Annie, Prevost Michele, Oudra Brahim</b> .....	70
Surface and underground water pollution of the area of Taza (Morocco): water assessment and situation	
<b>El Haji Mounia, Boutaleb Said, Laamarti Rokia et Laarej Leila</b> .....	71
Qualité des eaux souterraines de la plaine de Tadla-Maroc	
<b>El Hammoumi Naima, Sinan M., Lekhlif B. et Lakhdar M.</b> .....	71
Changements hydrologiques et climatiques dans Moyen Atlas marocain. Les Diatomées du site de Tigalmamine	
<b>El Hamouti Najib</b> .....	72
Contribution à l'étude des zones à potentialités hydriques dans le bassin Crétacé de Boudnib (région d'Errachidia, Maroc) par application de la prospection géoélectrique	
<b>El Kourchia A., Boualoul M., Hilali M. et Fassi Fehri O.</b> .....	72

Localisation de l'interface eau douce-eau salée dans le sahel côtier des Doukkala (Province d'El Jadida, Maroc)	
<b>El Maliki Soufiane, El Achheb Abderrahim, Amar Mounir et Mdiker Nabil</b> .....	74
Etat des ressources en eau en aval de la ville de Marrakech avant et après l'installation de la station d'épuration	
<b>El Masoudi A., Laftouhi N., El Mandour A., Ouazzani N., Hakkou R. et Azzam R.</b> .....	74
Gestion intégrée de l'eau au niveau du bassin de Souss-Massa: développement d'un modèle intégré de bassin	
<b>Elame Fouad et Doukkali Mohamed Rachid</b> .....	75
Etude des crues de l'oued Ouergha et leur impact sur les berges au niveau du village Ouled Ziane	
<b>Elboudouri A., Benaabidate L. et Zian A.</b> .....	75
Measuring water utility's efficiency and policy impact - a fuzzy logic application	
<b>Eldidy N. A., Stephenson D. and Van Ryneveld M.</b> .....	76
Préparation et caractérisations de couches minces de TiO <sub>2</sub> pour des applications environnementales	
<b>Elfanaoui A., Elhamri E., Ihlal A., Boukdat L., Bouabid K., Laanab L. and Portier X.</b> .....	77
Valorisation de l'eau d'irrigation dans le bassin du Souss-Massa	
<b>Elfasskaoui Mhamed</b> .....	77
Physico and phyto remediation techniques of wastewater trace elements	
<b>Elssaidi M.A., Almathnani A.M. et Mohamed A.R.</b> .....	78
Suivi et analyse des effets de l'irrigation avec les eaux salées sur le sol et les rendements agricoles dans le sud tunisien (région d'El Fje Médenine)	
<b>Enneb Ibtissem, Taamallah Houcine et Hatira Abdessatar</b> .....	79
Faire face à la baisse des niveaux d'eau souterraine dans la région de la Chaouia et Berrechid : perspectives pour accompagner la gestion et l'amélioration des capacités d'adaptation	
<b>Errahj M. and Faysse N.</b> .....	79
An operational tool for evapotranspiration assessment using Remote Sensing	
<b>Er-Raki S., Chehbouni A., Ezzahar J., Simonneaux V., Hanich L. and Ossan A.</b> .....	80
Apport préliminaire des traceurs chimiques et isotopiques pour l'étude du fonctionnement des aquifères sous climat aride : cas de l'Anti-Atlas, région de Tiznit-Taфраout, Maroc	
<b>Ettayfi N., Bouchaou L., Hsissou Y., Tagma T., Boutaleb S., Warner N., Vengosh A., Lgourna Z., Belkacim S., Michelot J.L., et El Faskaoui M.</b> .....	81
Using thermal remote sensing data for monitoring the evapotranspiration over several agricultural fields in semi-arid region	
<b>Ezzahar J., Chehbouni A., Erraki S., Khabba S., Hanich L. and Marah H.</b> .....	82
Apport de la télédétection au suivi et à l'évaluation de la qualité de l'eau	
<b>Fadil Abdelhamid et Kharchaf Youness</b> .....	82
Incidence du drainage minier acide sur la qualité des eaux souterraines au niveau de la mine de Kettara ; hydrogéochimie élémentaire et isotopique .....	83
<b>Fahdi G., Guermouli H., Benkaddour A., El Amari K., Hibti M., Marah H., Raibi F. et Toughzaoui S.</b> .....	83
Echanges Aquifères-Lagunes dans le sahel côtier de Oualidia-Sidi Moussa (Maroc) : impact sur le fonctionnement et la pérennité de l'écosystème	
<b>Fakir Y., El Mandour A., Kaidrassou K., El Himer H., Stigter T. and Monteiro J.P.</b> .....	84
Modélisation des précipitations par les réseaux de neurones artificiels dans le bassin versant de Sikkak (Tafna, nord ouest de l'Algérie)	
<b>Fandi W., Bouanani A., Baba-Hamed K. et Tabet Hellal A.</b> .....	84
Etude du comportement d'un système hydrologique par l'analyse corrélatoire et spectrale des pluies et des débits (cas du bassin versant de l'oued Sikkak – Tafna NW de l'Algérie)	
<b>Fandi W., Bouanani A., Baba-Hamed K. et Tabet Hellal A.</b> .....	85
Optimisation du traitement biologique des effluents synthétique des tanneries par réacteur séquentiel discontinu	
<b>Faouzi Mouna, Merzouki Mohamed et Benlemlih Mohamed</b> .....	85
Comparative water quality study at adult and juvenile stages of shrimp farm in Selangor, Malaysia	
<b>Firuzza Begham Mustafa and Nather Khan Ibrahim</b> .....	86
Etude hydro-climatique du bassin versant de Guigou	
<b>Fniguire F. et Benaabidate L.</b> .....	86

Consequences of urban and industrial development in Midong/Urumqi, China for the ecological and hydrological environment and development of a water resources information system	
<b>Fricke Katharina</b> .....	87
Variable arsenic concentrations in groundwater east and west of the river Bhagirathi-Hoogly, west Bengal, India	
<b>Fryar Alan E., Mukherjee Abhijit and Scanlon Bridget</b> .....	88
Variations spatiales des paramètres physico-chimiques dans l'aération par déstratification et l'aération hypolimnétique : cas du lac de Hallwill (Suisse)	
<b>Gafsi Mustapha</b> .....	89
Dams and their effect on underground water storage	
<b>Ganfoud Ahmed A. and Razzaghi Mehemed A.</b> .....	89
Towards sustainable groundwater management in the Souss Chtouka aquifer and implications for dialogue regarding national groundwater strategy	
<b>Garduño Héctor, Foster Stephan and El Haiba Mustapha</b> .....	90
Effets du cadmium sur l'activité de l'acétylcholinestérase et sur les cellules ciliées du système de la ligne latérale de <i>Gambusia Affinis</i> (poisson téléostéen)	
<b>Gasmi Yousria, Ouali K., Denizot J.P., et Bensouilah M.</b> .....	91
Investigating groundwater recharge and climate change in northern Senegal using vadose zone information	
<b>Gaye Cheikh Becay</b> .....	92
Spring water hydrochemistry in north - south profile in the Jordan Valley	
<b>Ghanem Marwan and Ghannam Subha</b> .....	92
Experimental study for the rainfall-runoff composition and its subsurface contribution	
<b>Gu Wei-Zu, Lu Jia-Ju and McDonnell Jeffrey</b> .....	93
Recharge et datation des eaux du système aquifère du sahara septentrional, Algérie ( <sup>14</sup> C, <sup>36</sup> Cl et Gaz Nobles)	
<b>Guendouz A.</b> .....	93
Transport solide et envasement des barrages dans la région des Aures	
<b>Guidoum Azeddine et Nemouchi Abdelmalek</b> .....	94
Bilan de l'enquête sur les retenues collinaires dans la wilaya de Mascara (ouest algérien)	
<b>Habi M. et Morsli B.</b> .....	94
Le problème de l'eau en Algérie : une perception encore peu maîtrisée	
<b>Habi M. et Bensalah F.</b> .....	95
Préservation d'un écosystème fragile (lacustre) au niveau d'une aire protégée Parc National d'El Kala. (P.N.E.K), Algérie	
<b>Hacini Nesrine et Brinis Louhichi</b> .....	96
The role of climate change on Sturgeon in Caspian Sea	
<b>Haddadi Moghaddam Kourosh</b> .....	96
Analyses hydrogéologique pour l'alimentation en eau potable de la ville de Sidi Kacem	
<b>Haddouchi B., Jaait M. et Benmoussa A.</b> .....	97
Etude comparative de trois engrais de synthèse a base de phosphate sur la germination du carbonate de calcium	
<b>Hadfi A., El Hadek M. et Driouiche A.</b> .....	97
Salinité des eaux souterraines de la nappe de la plaine de Bredeah (région d'Oran, ouest algérien)	
<b>Hadji F., Dahmani B., Benaabidate L., Benamer K., Benkhenassa K. et Chabane M.</b> .....	99
Using high spatio-temporal resolutions Formosat-2 satellite images and STICS crop model for irrigated grasslands and water management in mediterranean region	
<b>Hadria Rachid, Courault Dominique, Chanzy andré, Ruget Françoise, Olios Albert, Desfonds Veronique, Hagolle Olivier and Dedieu Gerard</b> .....	99
Le système aquifère de Chari Baguirmi (République Du Tchad). Premiers éléments sur la caractérisation et le fonctionnement du système en vue de sa gestion durable	
<b>Hamit Abderamane, Moumtaz Razack et Sara Vassolo</b> .....	100
Contribution à l'étude de la fluctuation des précipitations en Algérie occidentale et son impact sur l'aménagement du territoire	
<b>Harrache Djamila et Benabdeli Khéloufi</b> .....	101
Gestion de l'eau	
<b>Hassane Mohammed, Ayadi Abderrahmane et Benhafid Mohamed Said</b> .....	102
Etat des connaissances des réservoirs aquifères dans la région de Gourrama (Haut Guir au sud du Maroc)	
<b>Hilali M., Boualoul M. et Bahaj T.</b> .....	102



Mine de Bou-Azzer : étude d'optimisation du circuit d'eau d'usine hydrométallurgie et évaluation des risques de ses effluents sur l'environnement	
<b>Hssaisoune M., Hna M., Bouchaou L. et Bouqdir O.</b> .....	103
Modélisation et simulation numérique de l'échange Rivière-Nappe de Sebaou de Tizi Ouzou (Algérie)	
<b>Ikni Tahar, Kadri Mohamed et Benamar Ahmed</b> .....	104
L'évolution des nitrates dans les eaux souterraines de la plaine des Triffa (Basse Moulouya, Maroc oriental)	
<b>Imassi Said et Snoussi Maria</b> .....	104
Le fonctionnement hydroclimatique du bassin versant de la Moulouya entre 1960 et 2000	
<b>Imassi Said et Snoussi Maria</b> .....	105
Evaluation et de dégagement des ressources en eau dans la région de Tantan : eau saumâtre ou eau salée	
<b>Jaait M. et Haddouchi B.</b> .....	105
Rainwater infiltration in urban areas – Measures for a sustainable water management	
<b>Jackisch N. and Weiler M.</b> .....	106
Fonctionnement et ressources hydro-écologiques en région semi-aride (Tensift, Maroc) : le projet Sudmed	
<b>Chehbouni A., Escadafal R., Duchemin B., Boulet G., Le Page M., Jarlan L., Simonneaux V., Mougenot B., Mangiarotti S., Drapeau L., Khabba S., Hanich L., Chehbouni A. H., Ezzahar J., Er-Raki S., Hadria R., Kharrou H., Merlin O., Chaponnière A., Hoedjes J., Abourida A., Cheggour A., Raibi F., Boudhar A., Benhadj I., Berjamy B., Benkaddour A., Guemouria N., Lahrouni A., Mokssit A., Ouldbba A., Driouech F., Filali N., Oliosio A., Jacob F.</b> .....	107
Water policy and water law formulation process: no space for commons the case of south indian states	
<b>Jos C Raphael</b> .....	108
Ressources en eau souterraine côtière de zone humide : modélisation numérique et optimisation de la gestion (nappe aquifère de Bouteldja-extrême nord est algérien)	
<b>Kablouti Nafaa et Dhikrane Nafaa</b> .....	109
Hydrogeochemical and isotopic characterisation and groundwater resources quality in the north-central coastal aquifer of Crete, Greece	
<b>Kalisperi D., Parisi S., Sdao F., Kershaw S., Lydakiss-Simantiris N., Collins P., Soupios P. and Paternoster M.</b> .....	109
Etude de la faisabilité de la recharge artificielle de la nappe de Temara	
<b>Kamil H. et Benaabidate L.</b> .....	110
Traitement des effluents industriels par l'application des supports celluloseux naturels modifiés chimiquement	
<b>Kassale A., Elbariji S., Elamine M. et Albourine A.</b> .....	111
Effects of artificial recharge via injection wells on groundwater quality in the shallow alluvial aquifer, central Damascus basin	
<b>Kattan Z., Kadkoy N., Nasser S., Safadi M. and Hamed A.</b> .....	112
Caractérisation hydrogéochimique et statistique des eaux du système aquifère d'El Khairat (Enfidha, Tunisie)	
<b>Ketata Mouna, Gueddari Moncef and Bouhlila Rachida</b> .....	114
L'effet du processus d'aération mécanique sur la pollution phosphorée des plans d'eau	
<b>Kettab Ahmed</b> .....	115
Etudes prévisionnelles des risques de contamination par les métaux lourds et cartographie des vulnérabilités dans la région de Fès	
<b>Khairi I., Jabrane R. et Fekri A.</b> .....	115
Effect of the ground water quality on land degradation in Al - Muhalabia and Sinjar region	
<b>Khalid A. Khalid and Salem A. Khedir</b> .....	117
Apport du carbone 13 à la caractérisation du fonctionnement du système karstique du haut bassin de l'oum Er-Rbia (Maroc)	
<b>Khalil Nourddine</b> .....	118
Analyse des parties prenantes pour la gestion intégrée de l'eau au niveau du bassin hydrographique de Taheddart	
<b>Khattabi Abdellatif et Chentouf Houda</b> .....	118
Analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces à la gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin de Taheddart	
<b>Khattabi Abdellatif et Chentouf Houda</b> .....	119

Structure et modélisation hydrodynamique de la nappe alluviale de l'oued M'zi (Partie orientale de Djebel Amour méridional) Laghouat, Algérie	
<b>Kheddoum Okkacha et Merzougui Touhami</b> .....	120
Evaluation de la qualité du calage du modèle mathématique de la nappe alluviale de l'oued M'zi (Laghouat, Algérie)	
<b>Kheddoum Okkacha</b> .....	120
Développements d'applications SIG/ARCSDE pour la gestion intégrée des ressources en eau	
<b>Khomsî A. et El Mansouri B.</b> .....	121
Groundwater balance and scenario analyses of climatic and socio-economic changes for the arid Middle Drâa Valley (South Morocco)	
<b>Klose S. and Reichert B.</b> .....	121
Community engagement in the sustainable management of rivers: Barekese catchment, Kumasi, Ghana	
<b>Kumasi Carolyn Kumasi, Obiri-Danso K. and Ephraim James Hawkins</b> .....	122
Effects of paper mill sludge on soil properties and on growth and nitrogen content of sunflower ( <i>Helianthus Anuus</i> )	
<b>Laffray Xavier, Bouriou Mohamed, Alaoui-Sosse Laurence, Badot Pierre-Marie, Lemal Laure and Alaoui-Sosse Badr</b> .....	123
Impact des changements climatiques sur la faune et la flore du site Ramsar du lac Tonga (est Algérien)	
<b>Lazli A., Boumezbeur A. et Moali A.</b> .....	123
Situation actuelle du lac Tonga (Parc national d'El Kala ; est algérien)	
<b>Lazli A., Boumezbeur A. et Moali A.</b> .....	124
SAMIR, "Satellite Monitoring of Irrigation", a tool for irrigation monitoring using remote sensing for landcover mapping and evapotranspiration estimation	
<b>Le Page M., Simonneaux V., Duchemin B., Kharrou H., Khabba S., Er-Rakki S., Berjamy B., Chehbouni G.</b> .....	125
Dew, fog, rain as supplementary sources of water in south-western Morocco	
<b>Lekouch Imad, Beysens Daniel, Muselli Marc and Kabbachi Belkacem</b> .....	125
Ground water qualitative aspects and management in western Sicily	
<b>Liguori V. and Porcaro A.</b> .....	126
Valorisation de l'eau par les principales filières de production végétale dans le périmètre irrigué de Tadla	
<b>Lionboui Hayat, Doukkali Mohamed Rachid, Fadlaoui Aziz et Bahri Abdeljabbar</b> .....	127
Contribution à la caractérisation physico-chimique des eaux usées domestiques d'oued Bechar (Algérie)	
<b>Maazouzi A., Badri A., Kettab A., Naceur M. W, Zahraoui B., Kabour A. et Chebbah L.</b> .....	128
Impact climatique et anthropique sur les écoulements en milieu semi-aride : cas du Sahel au Burkina-Faso	
<b>Mahé G., Paturel J.E., Diello P., Karambiri H., Yacouba H., Barbier B. and Maiga H.</b> .....	128
Apport de la télédétection et des systèmes d'informations géographiques pour la cartographie de l'érosion hydrique autour du barrage Hassan Premier, Azilal - Maroc	
<b>Maimouni Soufiane, El Harti Abderrazak, Bannari Abderrazak et Bachaoui El Mostafa</b> .....	129
Recession subregimes of karstic springs discharge and their manifestation in oxygen isotopes content	
<b>Malík Peter, Michalko Juraj and Švasta Jaromír</b> .....	130
Pollution vulnerability of mesozoic karst aquifers in Burgos Province (Spain)	
<b>Marcos L.A., Louajdi L., Castaño S., Vázquez M. and Contreras M.J.</b> .....	131
Water resources management and precession irrigation in the Jordan Valley-Palestine, study case: Cucumber	
<b>Marei Amer, Shakarnah M., Tamimi A. and Ghanem M.</b> .....	131
The challenges for the public participation in Japanese water management	
<b>Matsuoka Katsumi</b> .....	132
Caractérisation de la pollution saline des eaux souterraines du Sahel côtier de l'Haouzia, région des Doukkala (Maroc occidental)	
<b>Mdiker Nabil, El Achheb Abderrahim, Younsi Abdelkader, El Maliki Soufiane</b> .....	131
Aménagement et gestion intégrée des eaux en Algérie orientale : le système de transfert de Béni Haroun (Oued Kebir-Rhumel)	
<b>Mebarki Azzedine</b> .....	133

Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées: cas du roseau <b>Meliani H.A., Mederbel K. et Benslimane M.</b> .....	134
Contribution des MNT et SIG pour l'étude hydrologique d'un bassin versant <b>Mendas Abdelkader</b> .....	134
Etude des Foggara dans les régions de Béchar (Benis Abbes- Lahmar -Kerzaz- Taghit) <b>Merabet Abbas, Makhlouf Mohammed et Bouannani Abderezzak</b> .....	135
La protection de la nappe de Mitidja (Algérie) contre les eaux saumâtres par la recharge artificielle <b>Merabet Abbas, Makhlouf Mohammed et Bouannani Abderezzak</b> .....	136
Faune aquatique et qualité de l'eau dans les puits et sources de la région d'Oum-El-Bouaghi (Nord-est-algérien) <b>Merzoug D., Khiari A., Aït Boughrous A. et Boutin Cl.</b> .....	137
Un modèle de développement durable : la gestion intégrée de l'eau dans une région hyperaride, cas de l'oasis Béni Abbès (Vallée de la Saoura, sud ouest algérien) <b>Merzougui Touhami, Mekkaoui Abedrehmene, Kabor Abdesslam, Bouanani Abderezzak, Hamidi Mansour et Kaddoum Okkacha</b> .....	137
Utilisation de l'électrocoagulation-électroflottation pour le traitement d'un effluent de textile <b>Merzoug B., Gourich B., Madani K., Sekki A., Leclerc J.-P. et Lapicque F.</b> .....	138
Design and developement of a decision support system for integrated management of water resources in the catchment area of Tahaddart – north of Morroco <b>Mharzi Alaoui H., Khattabi A., Ezzahiri M., Antonelli M., Laghi M. and Masson E.</b> .....	139
Oxygen isotopes in precipitation water and groundwater in springs of the Brezovské Karpaty Mts. (Slovakia) <b>Michalko Juraj and Malík Peter</b> .....	139
Isotope tracer studies on surface-groundwater interconnetion along the Velika Morava catchment <b>Miljevic Nada, Boreli-Zdravkovic Djulija, Golobocanin Dusan and Solomon Kip</b> .....	140
Review of hydrochemistry of groundwaters based on geochemical codes. Concepts methods and mathematical formulation <b>Mimides T. and Pylarinou K.</b> .....	141
Modelling the environmental biogeochemical behaviour of Rare–Earth Elements in a Soil–Plant system <b>Mimides T. and Pylarinou K.</b> .....	142
“Water Diplomacy”: effecting bilateral partnerships for the exploration and mobilization of water resources <b>Minto-Coy Indianna D.</b> .....	143
The Oued Serrat: mining activity, ground water and dispersion of base metals in natural environments, north-western Tunisia <b>Mlayah A., Hferreira Da Silva E., Khadhar S., Lachaal F., Charef A., Noronha F. and Ben Hamza Ch.</b> .....	144
Application de l'hydrogéomorphologie dans la cartographie des zones inondables de la plaine alluviale de Sidi Bel Abbès (Algérie nord occidentale) <b>Moueddene K., Hallouche B. et Benyahia M.</b> .....	145
Importance stratégique de l'eau virtuelle des céréales en Algérie. Constat et perspectives <b>Mouhouche B. et Lani S.</b> .....	145
Simulation 2D de l'intrusion marine dans l'aquifère de la Chaouia côtière, Maroc <b>Moustadraf J. et Amraoui F.</b> .....	146
Impacts of shrimp culture on the surface and ground water quality of the south-western part of Bangladesh: a case study in three Upazilas (Sub-Districts) <b>Munirul Haque A.K.M., Dilara Hossain, M. Sarwar Jahan and Md. Abul Kalam Azad</b> .....	147
Les barrages collinaires de Taliouine entre l'échec et la réussite <b>Nadim A., Elmouden A. et Ait Lhaj A.</b> .....	147
Evolution du fonctionnement hydrologique des khetaras asséchées du Tensift (région de Marrakech, Maroc) <b>Nahid Abderrazzak</b> .....	148
Conception d'une base de données pour la gestion des ressources en eau dans la plaine du Souss Aval-Chtouka (Maroc) <b>Naiha Saadia et El Amrani Paaza Namira</b> .....	149
Challenges in the integrated water resources management in India under a changing climate and environment <b>Nair Shadananan</b> .....	149
Integrated water resources management in and around Eco-City, Tirupathi, India	

<b>Narasimharao K.L., Krishna Reddy T.V. and Pushpa Kumari V.</b> .....	150
L'envasement des barrages et son impact sur la mobilisation des ressources en eau en Algérie	
<b>Nemouchi Abdelmalek</b> .....	151
Role of the information technology in water quality management and social – economical estimation of the flood impacts in mountain regions of the central Asia	
<b>Normatov Parviz, Bokiev Obid and Emomov Karimdzhon</b> .....	151
Réutilisation des eaux usées traitées dans le bassin du Souss-Massa	
<b>Nrhira Abdessadek</b> .....	152
<sup>18</sup> O & <sup>2</sup> H compositions of the precipitation at three moroccan stations: influenced by oceanic and mediterranean air masses	
<b>Ouda Bouchra and Marah Hamid</b> .....	154
Trend detection in river runoff across mediterranean river basins	
<b>Oueslati O., De Girolamo A. M., Abouabdillah A. and Lo Porto A.</b> .....	154
Impact of the climate variations on the water resources in the Draa catchment (Morocco): correlation of rainfall to evapotranspiration variation in the Draa Basin	
<b>Ouyse Samira, Laftouhi Nour-Eddine and Tajeddine Kamal</b> .....	155
Ground Water flow across porous coastal sedimentary strips with its role in 'Mudbank' formation and coastal fertility	
<b>Paimpillil Joseph Sebastian</b> .....	155
On the sustainable use of water resources in karst, with some considerations on the differences between past and present water management	
<b>Parise Mario</b> .....	156
Effects of climate change in Nepal: time for policy to action	
<b>Poudyal Chhetri Meen B.</b> .....	157
Mise en œuvre d'un système intégré d'aide a la décision pour la gestion du bassin Souss-Massa (Maroc)	
<b>Prévil C., Dolcine L., Tagma T., Berraja M., Aslikh A. et Qaimi A.</b> .....	158
Aspects concernant la gestion intégrée des ressources en eau en Roumanie Hydrogéologie et géochimie des aquifères en amont du barrage El Houareb (Ain El Beidha, Tunisie Centrale)	
<b>Rahmouni N., Ben Ammar S. et Zouari K.</b> .....	159
Apport des techniques nucléaires dans l'étude du fonctionnement des eaux sous un climat aride à semi-aride : cas du bassin versant de Tensift, Maroc	
<b>Raibi F., Benkaddour A., Hanich H., Chtioui A., Marah H., et Chehbouni A.</b> .....	160
GIS database development for coastal resources risk index in Malaysia	
<b>Ramli M.F., Abdul Manap M., Ibrahim Z.Z., Yusoff M.K., Juahir H. and Aris A.Z.</b> .....	161
Rainfall-Runoff relationships in semi arid area	
<b>Razzaghi Mehemed A.</b> .....	161
Submarine groundwater discharge and surface water quality on the Nador Lagoon (Morocco): The Land Use connection and groundwater pollution	
<b>Re Viviana. and Zuppi Giovanni Maria</b> .....	162
L'approche systémique, un outil pour la gestion intégrée des ressources en eau	
<b>Rouissat B. et Smail N.</b> .....	163
Mise en évidence de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eaux souterraines à l'échelle du bassin versant: cas du bassin versant N'fis (Haouz – Marrakech Maroc)	
<b>Saad A., Laftouhi N. et Taj-Eddine K.</b> .....	164
Exploitation du S.I.G pour l'évaluation de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines de la nappe de Fès-Méknes par les méthodes PRK et GOD	
<b>Sadkaoui N., Lahrach A. et Chaoui A.</b> .....	164
Elaboration des cartes de vulnérabilité par le modèle DRASTIC (cas du bassin de Fès-Méknes– bassin de Sebou, Maroc)	
<b>Sadkaoui N., Lahrach A. et Chaoui A.</b> .....	165
Membrane technology and sustainable development for third countries	
<b>Saffaj Nabil</b> .....	165
Apport de la géophysique a la reconnaissance hydrogéologique des rides de Zerhoun et de la région de Skhounates (Maroc)	
<b>Sahbi N., Sahbi H., Boualoul M., Benslimane A. et Lahrach A.</b> .....	166
Management of oil spills in waterways between Venezuela and Colombia	
<b>Sainz-Borgo Juan Carlos</b> .....	167
Cartographie du risque de pollution de l'aquifère côtier de Ghis-Nekor (Maroc)	

<b>Salhi A., Stitou El Messari J., Himi M., Benabdelouahab S. et Casas A.</b> .....	168
Participation et conflit, comment peut-on relativiser ces deux concepts pour une meilleure gestion de la ressource naturelle?	
<b>Sayah Maha et Guenet Michel</b> .....	169
Valorisation d'une argile anionique de synthèse pour la dépollution des eaux de l'industrie textile	
<b>Sayah N. et Bakhti A.</b> .....	169
The role of treated wastewater reuse in the development of water resources and agriculture in West Bank Of Palestine Ein Alsultan spring case	
<b>Sbeih Mohammed Yousef</b> .....	170
Removal of phenol from waste water using different types of semiconducting catalysts .....	
<b>Seddigi Zaki Shakir</b> .....	172
Use of a multidisciplinary approach for determining the recharge altitude of the main sources of Sebou Basin – Morocco	
<b>Sefrioui Soumaya, Fassi Fihri Omar, El Ouali Abdelhadi and Marah Hamid</b> .....	172
Revealing by the hydrogeological and isotopic tools the lateral mixture between two reservoirs at the level of the basalt aquifer of Tigrigra – Morocco	
<b>Sefrioui Soumaya, Fassi Fihri Omar, El Ouali Abdelhadi and Marah Hamid</b> .....	173
Les sources minérales dans la région de Tebessa (NE algérien) : caractérisation géologique, hydrogéologique, hydrochimique	
<b>Seghir Karima</b> .....	173
Vulnérabilité a la pollution des eaux souterraines de la région Tebessa-Hammamet (est algérien)	
<b>Seghir Karima</b> .....	174
Application of WEAP in simulation of water resources management scenarios in Dinajpur Sadar Upazila, Bangladesh	
<b>Shafiqur Rahman Md. and Salehin Mashfiqus</b> .....	174
Integration of environmental and ecosystem responses to "seasonality" in surface waters and groundwater systems potentially affected by climate changes	
<b>Shapouri M., Tavares PC., Ribeiro L., Nascimento J., Stigter T., Monteiro J.P. and Cancela Da Fonseca L.</b> .....	175
Integrated water resources management through linking of major rivers in India for sustainable development	
<b>Sharma S. K.</b> .....	176
Public participation in community-based water resource management: a case of agricultural areas of Thailand	
<b>Sharp Alice</b> .....	177
'Water-Wholes': missing links and hidden connections. the contribution of systems thinking and ecological economics to designing sustainable development responses to water crises	
<b>Simon Sandrine</b> .....	178
Comparaison de quatre méthodes de caractérisation de la vulnérabilité des nappes à la pollution. Application à la nappe du Haouz de Marrakech (Maroc)	
<b>Sinan M., Bouibrine N. and Razack M.</b> .....	179
Etude de l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau. Application à trois bassins du Maroc.....	
<b>Sinan M., El Rherari M.A. et Bousseta M.M.</b> .....	180
Modélisation numérique de la nappe de Foug El Oued (Maroc) et analyse des modalités de sa recharge artificielle et des processus de sa pollution par l'infiltration des eaux usées et des eaux marines	
<b>Sinan M., Razack N., Filali M. et Delaporte M.</b> .....	181
Ressources en eau souterraine saumâtres du Maroc. Répartition spatiale, potentiel annuel exploitable et valorisation	
<b>Sinan M. et Filali M. J.</b> .....	182
Simulation des précipitations et des évapotranspirations mensuelles par un modèle statistique. Application à la station d'Alger	
<b>Souag-Gamane Doudja et Dechemi Nouredine</b> .....	183
Développement de nouveaux procédés peu onéreux pour l'épuration d'eaux usées : procédés à base de biomatériaux naturels	
<b>Soudani A., Chiban M., Ait Habzize S., Zerbet M., Sinan F. et Persin M.</b> .....	183
Contribution à la connaissance hydrogéologique d'un aquifère karstique : cas du chaînon du Haouz (Rif, nord du Maroc)	
<b>Stitou El Messari J.E., Garcia Lopez S., Hlila R. and Emran A.</b> .....	184

Health risks from microbial growth and biofilms in drinking water distribution systems in Palestine <b>Swaileh Khalid, Al-Sa'ed Rashed, Hussein Rateb and Rasmi Abuhelu</b> .....	185
Problems and prospects of artificially water logged areas in livelihood crisis management: a study of Vabodaho region in Bangladesh <b>Swapan Mohammad Shahidul Hasan; Maroof Md. Abu Sayeed and Ahmed Sabrina</b> .....	185
Investigation of salinity and radioactivity on groundwater in Souss-Massa and Draa basin, Morocco (Preliminary results of Science For Peace NATO Project) <b>Tagma T., Bouchaou L., Nathaniel W., Vinson D., Lgourna Z., Ettayfi N., Boutaleb S., Vengosh A., Hsissou Y., Dwyer G. and Elfaskaoui M.</b> .....	186
Traitement des eaux usées urbaines générées par les stations d'épuration par la technique d'irradiation <b>Tahri Loubna, Elgarrouj Driss, Zantar Said, Mouhib Mohamed, Moussaid Mostafa, Azmani Amina et Sayah Fouad</b> .....	187
Problématique des inondations dans le Grand Agadir <b>Tairi Abdellaali et Elmouden Ahmed</b> .....	187
Elaboration de modèles intégrés de gestion et d'aide à la prise de décision des ressources en eau dans les mines de phosphate de Khouribga, Maroc <b>Tammal M., Bru K., El Mansouri B., M'hamdi R. et Naja J.</b> .....	188
Elaboration d'un modèle numérique multicouches du complexe aquifère du bassin de Tadla <b>Tammal M., El Mansouri B., M'hamdi R. et Naja J.</b> .....	189
Précision de mesure des rapports $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ et $^2\text{H}/^1\text{H}$ dans les eaux par Spectroscopie Laser <b>Taous F., Marah H. et Sabir A.</b> .....	190
Ground Water dams, a promise options for water resources sustainability in arid regions <b>Thair Mahmood Al-Taiee</b> .....	190
Comportement des composés inorganiques dissous de l'azote et du phosphore dans les eaux du système aquifère de la plaine de Mateur (nord-est de la Tunisie) <b>Tlili Bisma, Gueddari Moncef et Bouhlila Rachida</b> .....	191
Variabilité hydro-climatique dans le bassin de la Volta au Bénin: un indicateur de gestion intégrée des ressources en eau <b>Totin V.S. Henri, Afouda Abel, Amoussou Ernest, Vissin W. Expédit, Tumbulto Jacob et Boko Michel</b> .....	192
Effet de la contamination métallique sur la qualité des eaux <b>Toumi Faycal, Atif Foufou, Saadane Djorfi et Azzedine Hani</b> .....	192
Caractérisation piézométrique et hydrochimique de la nappe de l'oued Ben Khilil, Tantan, Maroc <b>Toummite A., Tagma T., Hsissou Y. et Bouchaou L.</b> .....	193
Cartographie des aléas dus aux instabilités de terrain causés par les précipitations : étude du cas de la région de Bades-Targuist (Rif central, Maroc) <b>Touzani A., Ait Brahim L. et Boutaleb S.</b> .....	194
Apport de la sismique réflexion et des diagraphies à la reconstitution géométrique du système aquifère de la région de Nabeul-Hammamet (Tunisie, NE) <b>Trabelsi Fatma<sup>1</sup>, Ben Mammou Abdallah<sup>1</sup> and Tarhouni Jamila<sup>2</sup></b> .....	194
Management of coastal aquifers and groundwater in the Mediterranean <b>Treidel Holger and Aureli Alice</b> .....	195
Impact of similar flow-path factors on groundwater chemistry in contrasting geological settings <b>Varsanyi Iren, Kovacs Lajos O., Carrillo-Rivera Jose Joel and Cardona Antonio</b> .....	197
Contribution a la gestion intégrée des ressources en eau du bassin supérieur de l'Okpara <b>Vissin E. W., Houssou C. S. et Boko M.</b> .....	198
Le Contrôle tectonique sur le fonctionnement hydrologique du système karstique du plateau de Lakhssas (Anti-Atlas occidental, Maroc) <b>Wanaim Abderrahmane, Belfoul Alaeddine, Bouzid Sophia et Faïk Farid</b> .....	198
Training activities and Ph-D program of smart research program as part of an integrated water resource management concept for the Jordan River Valley (JRV) <b>Wasim Ali, Hoetzel Heinz, Wolf Leif, Ghanem Marwan, Vanafferden Manfred, Cardon Jaime and Riepl David</b> .....	199
Incorporating climate change in planning of water resources projects <b>Wasimi Saleh A.</b> .....	200
Rural people and blue fan palm oases: developing initial anticipated knowledge on a key desert geographic area of northern Baja California <b>Wehncke Elisabet V. and López-Medellin Xavier</b> .....	200

Promouvoir des approches innovantes de recherche-développement en matière de GIRE au Burkina Faso	
<b>Wellens J., Diallo M., Gardin N., Midekor A., Compaore N.F., Dakoure D., Karambiri H., Derouane J., Brouyere S. et Tychon B.</b> .....	201
Utilisation des prises de vue aérienne a basse altitude pour le suivi des activités hydro-agricoles – cas du bassin du Kou	
<b>Wellens J., Diallo M., Dakoure D., Compaore N.F., Denis A. et Tychon B.</b> .....	202
Biotic implications of a reducing supply of freshwater for estuaries - a south african perspective	
<b>Wooldridge Tris H.</b> .....	202
Mixing of saline and freshwater in a coastal aquifer, south of Iran	
<b>Zargham Mohammadi, Zare M. and Sharifzade B.</b> .....	203
Délimitation des zones de protection des eaux souterraines en milieu fissuré. cas de la source de Ain Talhi, wilaya de Souk Ahras, Algérie	
<b>Zenati N. et Messadi D.</b> .....	203
Origine de la minéralisation de la nappe souterraine du Cap Bon (Tunisie) : approches géologique et numérique	
<b>Zghibi Adel, Zouhri Lahcen et Tarhouni Jamila</b> .....	204
Electrical Resistivity Tomography: the role of Plate/Peak electrodes in the hydrogeological investigation of the Chalk aquifer (Beauvais, France)	
<b>Zouhri Lahcen and Lutz Pascale</b> .....	205