

Les journées scientifiques

Changements Climatiques et Ressources en Eau au Maroc: Caractérisation, Evaluation et Adaptation



Receuil des résumés

du 10 au 12 Novembre 2016, Marrakech

Les journées scientifiques

Les Journées scientifiques sont organisées par l'Université Cadi Ayyad en collaboration avec le Bureau de Recherche géologiques et minières, le Comité Marocain de l'AIH, l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift, et le Laboratoire mixte international TREMA.

Comité d'honneur

Mr. Le Président de l'Université Cadi Ayyad

Mr. Le Doyen de la Faculté des Sciences Semlalia

Mr. Le Directeur du Bureau de Recherche Géologiques et minières

Mr. Le Directeur de l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift

Mr. Le Président de l'Alliance AVENIR France-Maroc pour la Coopération Scientifique

Coordonnateur des Journées Scientifiques CCREM.CEA

EL Mandour Abdennabi Faculté des sciences Semlalia Marrakech

Comité Scientifique

Azroual Mohamed	(BRGM, France)
Laurence Chery	(BRGM, France)
Casas Albert Ponsati	(Université de Barcelone, Espagne)
El Mansour Bouabid	(CM-AIH, Université Ibn Tofail, Maroc)
Bouchaou Lhoussaine	(CM- AIH, Université Ibn Zohr, Maroc)
Lachhab Abderahim	(CM-AIH, Université Bouchaib Doukkali, Maroc)
Amraoui Fouad	(CM-AIH, Université Hassan II, Maroc)
Sinan Mohamed	(CM-AIH, Ecole Hassania des Travaux Publics, Maroc)
Namira El Amrani Paaza	(CM-AIH, Université Hassan 1er, Maroc)
Ben AAbidat Lahcen	(CM-AIH, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc)

Comité d'organisation senior

El mandour Abdennabi	Faculté des sciences Semlalia, Marrakech
Fakir Younes	Faculté des sciences Semlalia, Marrakech
Laftouhi Nour-Eddine	Faculté des sciences Semlalia, Marrakech
Khalil Noureddine	Faculté des sciences Semlalia, Marrakech
Nahid Abderrazzak	Faculté des sciences Semlalia, Marrakech
Boumehti Moulay Ahmed	Faculté des sciences Semlalia, Marrakech
Khella Tarik	Faculté des sciences Semlalia, Marrakech
Hanich Lahoucine	Faculté des Sciences et Technique, Guéliz, Marrakech
Berjamy Brahim	Agence du Bassin Hydraulique Tensift, Marrakech
Benghanem Mounia	Agence du Bassin Hydraulique Tensift, Marrakech
Chtioui Mohamed	Agence du Bassin Hydraulique Tensift, Marrakech

Comité d'organisation des doctorants

Chafouq Driss	Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
Chouikri Ibtissam	Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
Hajhouji Youssef	Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
Kamal Safia	Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
Nassah Houda	Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
Sefiani Salma	Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech
Zamrane Zineb	Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech

Préface :

Au Maroc, l'évolution du climat montre une forte variabilité interannuelle des précipitations, leur tendance à la baisse et une augmentation de la fréquence des sécheresses. Dans de nombreux bassins, la diminution de la recharge des eaux souterraines et l'accroissement des prélèvements sont les principaux facteurs de dégradation des ressources en eau. En outre, les apports en eau sont à l'origine d'un stress hydrique matérialisé par des niveaux critiques d'eau dans les barrages, des problèmes d'alimentation en eau potable et de mauvaises années agricoles. Ces aspects peuvent devenir encore plus sévères dans les prochaines décennies à cause des changements climatiques futurs qui seraient caractérisés par une baisse des précipitations, une accentuation des inondations, une augmentation de la persistance temporelle de la sécheresse et un réchauffement du climat.

L'Université Cadi Ayyad organise, en marge de la COP 22 et en collaboration avec le Bureau de Recherche Géologiques et Minières (BRGM), le comité Marocain de l'Association Internationale des Hydrogéologues (CM-AIH), l'Agence du Bassin Hydraulique de Tensift (ABHT) et le Laboratoire Mixte International TREMA, des journées scientifiques sur « Les changements climatiques et les ressources en eau au Maroc: Caractérisation, Evaluation et Adaptation ».

Cette rencontre, à travers la présentation des travaux de recherche et des travaux d'aménagement et de gestion des ressources en eau dans un contexte de changement climatique, vise à partager les connaissances sur l'état actuel des lieux et l'évolution prévisionnelle des ressources en eaux de surface et souterraines. Les intervenants (Universitaires, Gestionnaires et Associations) mettront aussi le point sur les solutions d'adaptation aux changements climatiques.

La mobilisation des scientifiques et la coopération internationale constituent des enjeux majeurs pour évaluer les impacts, caractériser les effets et pour anticiper les solutions d'adaptation au changement climatique notamment sur les ressources en eau dont les préoccupations sont globales et dépassent les frontières.

Editeurs : EL MANDOUR Abdennabi
FAKIR Younes

Sommaire

Thème 1 : Analyses des séries climatiques et hydrologiques au Maroc	7
Variabilité climatique et ressources en eau : Cas du bassin du Grand Tensift (Marrakech- Maroc) (N. Laftouhi)	8
Modélisation spatiale des données hydrologiques et hydrogéologiques du bassin de la haute Moulouya, Application de Géodatabase, d'ArcHydro et d'ArcHydroGroundwater (K. Diani).....	9
Quantification et analyse du bilan hydrologique du bassin versant de le Tassaout (amont du barrage My Youssef) dans un contexte du changement climatique : Modèle OrchyII (1986-2010) (القول محمد).....	10
Contribution des techniques de SIG à la caractérisation hydroclimatique de bassin de Ziz (Maroc) (E. Ben Said).....	11
Etude des évènements pluvieux dans le bassin versant de Souss Massa: analyse des distributions temporelles des averses (R. Tijani).....	12
Etude hydrologique et analyse des données climatologiques pour des bassins versants du plateau de Settat (Y. Bouslihim).....	13
Apport de la cohérence par ondelettes continues pour déterminer les liens entre indices climatiques, pluies et débits (Z. Zamrane)	14
Analyse de la variation spatio-temporelle des surfaces d'eau et des surfaces agricoles par cartographie numériques durant les dernières 30 années, Exemple de la plaine du Haouz, Maroc (M. El Halim)	15
Evolution spatio-temporelle de l'évaporation de l'eau d'une colonne de sol limoneux.(Profil sisotopique (^{18}O , ^2H)) (Z. Boujamlaoui)	16
Analyse spatio- temporelle de la vulnérabilité et des risques de la sécheresse au cours de dernières décennies dans le bassin de Tensift (Marrakech- Maroc) (F. Fnguire)	17
Thème 2 : Les évènements extrêmes au Maroc : Sécheresses et Inondations	18
Evaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrains et aux inondations en zones montagneuses marocaines: apport de la télédétection, les SIG, la géostatistique et la modélisation hydrologique (S. Boutsakrin)	19
Les évènements extrêmes au Maroc : Cas du bassin versant de l'oued Souss (Crues, inondations et mesures de protection) (B. Bouaakkaz)	20
Modélisation Hydrologique des crues de Novembre 2014 du Bassin de la Rhéraya, région de Marrakech (I. Salik)	21
Résilience et changement climatique : vers uneAnalyse récente du risque d'inondation au Maroc (N. Satour)	22
Evaluation d'un modèle pluie-débit sous l'influence nivale sur le bassin versant de la Rheraya dans le Haut Atlas de Marrakech (Y. Hajhouji).....	23
Thème 3 : Gestion des ressources en eau et changement climatique au Maroc	24
Pollution des eaux souterraines en aval des décharges non contrôlées. Exemple de la décharge de Mediouna(Casablanca. Maroc) (A. Fekri).....	25
La géochimie des matières particulaires atmosphérique dans région du Grand Casablanca (A. Idalioua)	26
L'aquifère karstique du Lias de la plaine du Saïs et du Causse Moyen Atlasique tabulaire à l'épreuve du changement climatique (F. Amraoui)	27
Développement des eaux souterraines comme outil d'adaptation et d'atténuation des impacts des changements climatiques : Cas des nappes de la plaine de Tadla, Maroc (B. Benkabbour)	28
Réutilisation des eaux usées épurees dans la region Souss Massa: Etude de cas du Golf de l'océan (H. Benlouali)	29
L'estimation de l'évapotranspiration au sein d'un modèle de type SVAT, en utilisant les données de l'humidité du sol et la température de surface sur une zone de blé irriguée en climat semi-aride (B. Aithssaine)	30
Recharge Artificielle des aquifères: Une solution d'adaptation aux changements climatiques. Application au bassin hydrogéologique de Berrechid : Expériences et modélisation numérique (B. El Mansouri).....	31
Télédétection et Gestion Intégrée des Ressources en Eau en Méditerranée semi-Aride : Cas du bassin du Tensift Al haouz (S. Er-Raki)	32
Multi-modélisation pour l'évaluation des changements récents des ressources en eaux souterraines dans la plaine du Haouz (Maroc central) (Y. Fakir)	34
Vu d'ensemble sur les Services Web Géographiques: Fonctionnalités & intérêt pour le partage des données spatiales (F. Hara)..	35

Using the soil water balance to analyze deep percolation losses of drip irrigated citrus crops (Haouz plain, Morocco) (H. Nassah).....	36
L'expérience du Maroc en matière de la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine (MAR): outil pour l'adaptation et l'atténuation de l'impact du changement climatique (L. Jabir)	37
Conséquences des changements climatiques depuis le dernier maximum glaciaire dans le Moyen Atlas (Maroc) (M. Nourelbait).....	38
Adaptation aux impacts des changements climatiques sur les ressources en eau : Cas du projet intégré de développement local dans la commune de Sidi Boubker, Province Rehamna, (Nord-Est Marrakech) (S. Er Rouane)	39
La recharge artificielle des nappes aquifères comme moyen de résilience et d'adaptation au changement climatique (M. Azaroual)	40
L'impact des changements climatiques sur les eaux souterraines de la plaine de la Bahira (Maroc central) (M. Karroum)	41
Caractérisation de l'enneigement dans les bassins versants du Haut Atlas et Impacts du changement climatique (A. Marchane).42	
Vulnérabilité & Adaptation au Changement Climatique des Ressources en Eau et des secteurs socio-économiques clés du Maroc (M.Sinan)	43
Mise en place d'un « contrat de nappe » des ressources en eau souterraine du système aquifère du moyen atlas – saïss (W.Bait) .44	
Impact des changements climatiques sur la nappe du Haouz Occidental et la plaine de Mejjate (I.Chouikri).....	45
Problematic of present recharge in semi-arid countries:An example from the South Morocco Basin (B.Ouda).....	46
Gestion des ressources en eau du système aquifère du Sahel-Doukkala : Modélisation hydrodynamique et vulnérabilité à l'intrusion marine (Y. Echelfi)	47
Surface area change detection of the Aguelmam Sidi Ali Lake in the Middle Atlas of Morocco, using water indices: an empirical analysis using Landsat TM and OLI data (F. Menjour).....	48
La surexploitation des nappes souterraines au Maroc : cas de la nappe de Berrechid (M. Slimani).....	49
Use of HBV Model for the Hydrological modeling of Tsiknias River, Greece (A. Bouadila)	50
Plaine du Haouz : Géométrie, conditions aux limites et Fonctionnement hydrogéologique. Bassin de Tensift. Maroc central (A. El Mandour)	51
Identifying areas sensitive for flooding in a coastal ungauged watershed (N. Joumar).....	52
Protection des eaux souterraines des drainages miniers acides liés aux rejets miniers : cas de la mine abandonnée de Kettara (Région de Marrakech, Maroc) (A. Kchikach)	53
Caractérisation géologique, hydrogéologique et hydro-chimique du Haouz Central et des gisements de Drâa Sfar et de Guemassa. Maroc Occidental (A. Rmiki).....	54
Elaboration d'une carte d'évaluation des changements bathymétriques d'un barrage dans le haut atlas Marocain de Marrakech via application des SIG (A. Markhi).....	55
Les ressources en eau des oasis du Tafilalet et ses régions limitrophes face aux changements climatiques : Potentialités et modes de gestion (M. Hilali)	56
Evaluation de la tendance des ressources en eau au Maroc par traitement des données GRACE (J. Stitou El Messari).....	57
Disponibilité en eau en milieu aride dans une conjoncture de changement climatique. Cas de la région de Chichaoua (Maroc) (A.Hadri).....	58
Mise en place des barrages de rétention des eaux pluviales aux périphériques urbains pour une valorisation durable, et une préservation sage de l'infrastructure (M. Arabi).....	59
Thème 4 : Sols et couvert forestier: état et conséquences	60
Effets des pratiques agro-écologiques sur le potentiel séquestrant du carbone dans les sols sous climat aride (A. Rochdi)	61
La dynamique du couvert végétal et des surfaces d'eau dans le géo-parc de Mgoun, durant les 30 dernières années, Haut Atlas Central, Maroc, Apport des Images satellitaires multi-temporelles (M. Akboub)	62
Characterization of tolerance to drought stress in the argan tree (A. Chakhchar).....	63
Intégration de la saison dans l'extraction directe du Facteur C-RUSLE de l'imagerie satellitaire (S. Layadi)	64
Evaluation de la qualité et de l'occupation des sols dans le périmètre irrigué du bas service des Doukkala (K. Doumali).....	65
Forêt d'Arganier et le changement climatique dans la région d'IKHOURBANE entre 2002 et 2013 (Plaine de Souss, Maroc) (Z. Khalil).....	66
Thème 5 : Salinisation et qualité des eaux	67

Localisation du biseau salé par la reconnaissance électrique: Application à l'aquifère de la Chaouia côtière (Maroc) (B. Alabjah)	68
Prospection géophysique et géochimique pour la délimitation de l'interface eau douce eau salée dans l'aquifère côtière de Oued Laou (Tétouan, Maroc) (M. Himi)	69
Origine de la contamination des eaux souterraines au niveau de l'aquifère de Settat (Maroc) (N. El Amrani Paaza)	70
The effects of livestock methane emission on the global warming (A. Moumen).....	71
Impacts des changements globaux et de l'utilisation de l'eau sur les vertébrés aquatiques dans le bassin du Draa au sud-est marocain (S. Loulida).....	73
DayatFahs (temporary Lake in the Doukkala): Risk and socio-economic and environmental impact (S. Khouaja).....	74
Caractérisation hydrodynamique et hydrogéochimique des eaux d'irrigation au niveau du site agricole Agafay Haouz occidental Maroc (S. Sefiani).....	75
Pollution des eaux de surface au Maroc : Evaluation de la qualité physico-chimique (S. Ettamimi).....	76
PROJET PMARS - SALIDRA: Salinisation de l'eau et ses impacts écologiques et socioéconomiques dans le bassin aride du Draa:Implications pour la gestion durable des ressources en eau (M. Znari)	77
Traitement physicochimique des eaux de lixiviation de la décharge publique de Tanger par l'argile en poudre (R. lamrini El Ouahabi).....	78
Evaluation de la vulnérabilité des nappes à la pollution : un moyen de protection de la qualité des ressources en eau souterraines (N. Knouz).....	79
Impact du changement climatique sur la qualité des eaux souterraines dans la plaine des Doukkala (H. Jamaa).....	80
Evaluation des effets d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la plaine irriguée du Tadla (H. El Halouani).....	81
Etude des possibilités de purification des biogaz issus Du centre d'enfouissement technique des déchets (fes - Maroc) : approche pluridisciplinaire (T. Elkarzabi)	82
Investigation of the geochemical and geophysical evolution of groundwater under arid climate: A case study in northeastern Morocco (M. Elgettafi)	83
Les NAMAS dans le secteur d'industrie (M. El Badaoui)	84
Caractérisation piézométrique et hydrochimique du système aquifère de la région comprise entre El Jadida et Jorf Lasfar en vue d'évaluer l'impact environnemental de la gestion des déchets solides (Sahel des Doukkala) (I. El Adnani).....	85
Evaluation de la qualité et de l'occupation des sols dans le périmètre irrigué du bas service des Doukkala (K. Doumali).....	86
Origine de la salinisation des eaux souterraines de l'aquifère côtier de Ghis-Nekor, Al Hoceima, (Maroc Nord) (D. Chafouq) ...	87
Suivi de la pollution des eaux souterraines par les lixiviats de décharge dans le temps (cas de la décharge de Mediouna) (S. Hicham)	88

Thème 1 : Analyses des séries climatiques et hydrologiques au Maroc

Variabilité climatique et ressources en eau : Cas du bassin du Grand Tensift (Marrakech-Maroc)

N. Laftouhi^{1,2,3}, Z. Zamrane^{1,2,3,4}, F. Fniguire^{1,2,3}, S. Kamal^{1,2,3}, O. Ait El Mekki^{1,2,3}, A. El Mandour^{1,2,3,4}, J. Moustadraf⁵, B. Laignel⁶ et G. Mahé⁴

1 Laboratoire GEOHYD, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad de Marrakech. BP. 2390 Marrakech Maroc

2Equipe Associée au CNRST URAC 44Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad de Marrakech. BP. 2390 Marrakech Maroc

3Laboratoire Mixte International TREMA (trema.ucam.ac.ma)

4 HydroSciences Montpellier, Université de Montpellier II, France

5 Université Hassan 1er Faculté Polydisciplinaire de Khouribga

6 UMR UMR CNRS 6143 M2C, Département Géosciences et Environnement, Université de Rouen, France.

Résumé

La nappe Plio-Quaternaire du Haouz (Marrakech Maroc) est l'un des plus grands réservoirs d'eau douce de la région de Tensift-El Haouz et du Maroc. Durant de nombreuses décennies, cette nappe a été surexploitée pour répondre aux besoins en eau sans cesse croissants de la population et des activités locales notamment l'agriculture et le tourisme. Actuellement, cette ressource est sérieusement menacée par l'effet conjugué de la surexploitation et de la récurrence des années sèches.

Le climat (global, local) et les oueds jouent un rôle important dans la variabilité hydrologique au niveau du Haouz (bassin versant de Tensift) ainsi que sur la qualité des eaux. A partir de l'analyse en ondelettes continues, trois à quatre modes de variabilité (1-2y, 2-4y, 4-7y, 8-12y) ont été identifiés. Cette variabilité hydrologique est de basse fréquence (> 1-2 ans - à 12 ans) et la nappe est principalement contrôlée par les fluctuations climatiques globales, alors que la variabilité hydrologique à haute fréquence (< 1-2 ans) de la nappe est principalement contrôlée par la pluie et par les fluctuations climatiques locales des précipitations. L'irrégularité temporelle des précipitations a été remarquée dans cette région pendant les 40 dernières années. Par ailleurs, la distribution spatiale de l'indice standardisé de précipitation (ISP) a montré une diminution de celui-ci en direction des zones montagneuses, ce qui signifie une diminution des précipitations avec une moyenne de 10 mm/an dans cette zone ce qui se répercute sur la progression de la sécheresse.

L'évolution spatio-temporelle des niveaux piézométriques de la nappe du Haouz, sur des périodes d'observation de 20 à 45 ans, sur la base des cartes piézométriques établies par Cochet (1962), Bernert et Prost (1971), la DRPE (1986), Abourida (2002) et Kamal *et al.*, (2013), ainsi que sur les piézomètres de contrôle mis en place par l'Agence du Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT), a permis de caractériser les tendances piézométriques de cet aquifère. L'approche basée sur le SIG et une base de données géospatiale, a fait ressortir (1) que les fluctuations piézométriques sont irrégulières au niveau de la zone d'étude et (2) a montré une baisse généralisée du niveau de la nappe pouvant atteindre par endroit 1m/an. Certaines régions montrent toutefois un regain du niveau piézométrique (peu significatif) sous les périmètres irrigués essentiellement grâce au retour des eaux d'irrigation.

Les outils d'aide à la décision reposent sur le taux de recharge des aquifères, concept fondamental dans toute quantification de la ressource et sa gestion durable. Une partie des travaux de notre équipe a eu pour objectif de concevoir un modèle empirique de détermination de la recharge diffuse en se basant sur une analyse multicritère qui réunit les facteurs majeurs et mineurs déterminant l'infiltration potentielle. La méthodologie également basée sur le SIG appuyé par la télédétection, s'est fixée comme objectif de générer des couches de données thématiques relatives à la variation spatiale des différents paramètres déterminant la recharge en les intégrant et les analysant pour en déduire la recharge potentielle spatialisée de l'aquifère, a permis de déterminer un taux de recharge diffuse de l'aquifère (6200 km²) allant de 3,5 à 19 % à partir des eaux de pluie. Pour valider la précision du calcul, une approche directe a reposé sur une méthode hydrochimique pointue basée sur l'équation d'Eriksson et Khunakasem (Chloride-Mass-Balance Method). Cette procédure, basée sur la relation entre la concentration en chlorure des eaux souterraines et celle des eaux pluviales, en utilisant les données des années hydrologiques 2011 et 2012, le modèle empirique, a montré des marges d'erreur comprises entre 3 et 10 %.

Modélisation spatiale des données hydrologiques et hydrogéologiques du bassin de la haute Moulouya, Application de Géodatabase, d'ArcHydro et d'ArcHydroGroundwater

Khadija Diani

Laboratoire d'océanologie, géodynamique et génie géologique(LO3G), Faculté des sciences Rabat Agdal –Rabat

Diani.khadija@yahoo.fr

Résumé

Cette étude correspond à la modélisation spatiale des données hydrologiques et hydrogéologique du bassin de la Haute Moulouya. Elle fait appel aux extensions ArcHydroet ArcHydroGroundwater pour la création et la gestion d'une Géodatabase d'ArcGIS.

La modélisation hydrologique et hydrogéologique du bassin de la Haute Moulouya a permis de reproduire à l'aide de modèles mathématiques développés par ESRI, l'écoulement de surface. Elle a permis de simuler le comportement des nappes d'eaux souterraines. La combinaison des données géographiques, géologiques, hydrologiques et piézométriques a favorisé la création d'unités hydrologiques et hydrogéologiques homogènes et intégrées.

La modélisation spatiale des données hydrologiques et hydrogéologiques a permis d'améliorer les connaissances sur les ressources en eau à l'échelle du bassin de la Haute Moulouya. Une base de données structurée et normalisée a été créée. Cette base de données peut être échangeable entre les différentes administrations et agences hydrauliques. Les modèles de données créées pour le bassin de la Haute Moulouya fournissent un cadre autour duquel des programmes de calcul futurs peuvent être conçus.

Ce rapport de projet de Fin d'Etude de Master comprend trois parties. La première partie est relative à la définition des modèles de données hydrologiques. La deuxième partie discute la modélisation hydrologique et la dernière partie consiste à exploiter et à enrichir les modèles (ArcHydroet ArcHydroGroundwater).

Mots clés: Bassin versant, Haute Moulouya, SIG, Modélisation spatiale, ArcHydro, Groundwater.

لحصيلة الهيدرولوجية لحوض تساوت (عالية سد مولاي يوسف) في ظل التغيرات المناخية: أنموذج أوركي 2 (1986- تكميم وتحليلا
(2010)

Quantification et analyse du bilan hydrologique du bassin versant de le Tassaout (amont du barrage My Youssef) dans un contexte du changement climatique : Modèle OrchyII (1986-2010)

الفول محمد ، ذ. الغاشي محمد

مختبر "دينامية المشاهد والمخاطر والتراث"

كلية الآداب والعلوم الإنسانية، بني ملال، جامعة السلطان مولاي سليمان

Elfoulmohamed1981@gmail.com

ملخص

يتميز المغرب، كما هو الشأن بدول المغرب العربي، بالهشاشة المناخية، خصوصا، كلما ابتعدنا عن المؤثرات البحرية نحو المناطق الداخلية والوسطى، وقد ازدادت حدتها مع التغيرات المناخية خلال العشرينين الأخيرتين، ولا يخرج حوض تساوت (عالية سد مولاي يوسف) عن هذه القاعدة بفعل انتمائه لسلسلة الأطلس الكبير الأوسط، هذا الأخير (1307 كلم²) يتميز بتساقطات مطرية وتلجية مهمة، ينتج عنها موارد مائية وافرة حيث بلغ معدل الصبيب السنوي 11,9 م³/ث خلال الفترة (1986-2010). ورغم الإمكانات المائية المهمة بالحوض، فإنها تبقى جد محدودة لتلبية كل الحاجيات الفلاحية والصناعية، وبالنظر إلى الرهانات والتحديات الاقتصادية بالمنطقة، باعتبار أن جل الأنشطة البشرية بالحوض مرتبطة بعنصر الماء، يبقى الحلال وحيد هو التدبير المعقلن والرشيد لهذه المادة. لذا حاولنا من خلال هذه المداخلة الإسهام في تقييم الحصيلة الهيدرولوجية بحوض تساوت (عالية سد مولاي يوسف)، والذير تكز علنتكميم الموارد المائية وطر فاستعمالها، بالاعتماد على أنموذج هيدرولوجي.

الأنموذج 2 (Orchy) (Outil de Représentation du Cycle HYdrologique) هو أنموذج مفاهيمي شامل تم تصميمه وتطويره، خصيصا للإجابة على الإشكالية المتعلقة بالحصيلة الهيدرولوجية، وبالإضافة إلى الدور الذي يلعبه في محاكاة الصبيب، فهو يتميز بإمكانية تكيفه وإدراجه للعامل البشري. ويعتمد الأنموذج على ثلاث المدخلات أساسية (التساقطات المطرية P، الصبيب Q، التبخر النتج المحتمل ETP). كما يعتمد على 3 خزانات و4 متغيرات للتحسين.

إن تطبيق الأنموذج الهيدرولوجي Orchy2 على حوض تساوت عالية سد مولاي يوسف يمكننا من فهم وتحليل عناصر الحصيلة الهيدرولوجية، من أجل تدبير أفضل للموارد المائية، كما يوضح كيفية اعتماد إدراج المعطيات الهيدر ومناخية المتوفرة، ومعرفة الخصائص التي تميزه، بالإضافة إلى إبراز التأثير البشري على الاشتغال الهيدرولوجي بالحوض.

كلمات مفاتيح: حوض تساوت (عالية سد مولاي يوسف)، اشتغال هيدرولوجي، Orchy2، تكميم، حصيلة هيدرولوجية.

Contribution des techniques de SIG à la caractérisation hydroclimatique de bassin de Ziz (Maroc)

E. Ben-Said¹, A. Boukdir², K. Ait Imkdem³, I. Alili⁴, H. Ikhmerdi⁵, A. Zitouni⁶, W. Baite⁷, Z. Echakraoui⁸

¹hbensaid40@gmail.com, FST Béni Mellal/Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

²ahboukdir@yahoo.fr, FST Béni Mellal/Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

³mokadamkamal@gmail.com : Agence de bassin hydraulique Guir Ziz Rhéris, Errachidia, Maroc

⁴aliligeomatique@gmail.com, FST Béni Mellal/Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

⁵ikhmerdi@gmail.com, FST Béni Mellal/Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

⁶abdelhamidgat@gmail.com, FST Béni Mellal/Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

⁷wissalgat@gmail.com, FST Béni Mellal/Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

⁸zhourgat@gmail.com, FST Béni Mellal/Université Sultane Moulay Slimane, Béni Mellal, Maroc

Résumé

Cette étude vise à découvrir les potentialités hydrologiques dans le bassin de Ziz ainsi que sa caractérisation climatique en faisant détecter l'impact des changements climatiques sur le régime de fonctionnement hydrologique du bassin. Pour ce faire, un certain nombre de cartes, ont d'abord été calculées à partir des données climatiques brutes de différentes stations hydro-climatiques de la zone d'étude. Mais elles n'apportent pas suffisamment d'éléments, d'où la l'intérêt de bien caractériser le bassin et ainsi de dégager une idée sur la vulnérabilité aux changements climatiques.

En effet l'exploitation de ces résultats en utilisant les méthodes de modélisation sur l'outil de SIG ce qui nous conduit à construire une base susceptible d'être analysée et interprétée.

Mots clés : Bassin versant, Climat, modélisation, SIG, hydrologie, Changements climatiques

Etude des évènements pluvieux dans le bassin versant de Souss Massa: analyse des distributions temporelles des averses

Rim TIJANI ^{(1)*}, Mohamed El Mehdi SAIDI ⁽²⁾, Abdennabi EL MANDOUR ⁽³⁾

(1) Doctorant, Laboratoire GEOHYD, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

(2) Professeur, Laboratoire de Géosciences et Environnement, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech, Maroc

(3) Professeur, Laboratoire GEOHYD, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc

* rimitijanii@gmail.com

Résumé

L'analyse des distributions temporelles des averses s'inscrit dans le cadre d'une réflexion interne du Bureau d'étude NOVEC anticipant sur les nouvelles méthodes de prévention et protection contre les inondations, de dimensionnement des réseaux d'assainissement ou encore d'estimation du drainage pour les études hydrotechniques et de conception des ouvrages d'art.

Cette étude consiste au calage des courbes des hauteurs des précipitations à pas de temps réguliers lors d'une averse en fonction du temps, aux courbes des distributions standards des pluies de projet.

Cette notion désigne des pluies fictives, appelées aussi « pluies synthétiques », définies par un hyétogramme statistiquement équivalentes aux pluies réelles, bien que jamais observées. On leur affecte une période de retour qui est celle d'un ou plusieurs de leurs éléments constitutifs. Les pluies de projet choisies pour l'étude sont respectivement le modèle NRCS et le modèle de KEIFER & CHU.

Le bassin versant; sujet de notre étude; a une superficie de 25000 km² répartie approximativement entre 25 % de plaine et 75 % de montagne. Il se situe entre l'Océan Atlantique et les montagnes du Haut Atlas et de l'Anti Atlas.

La première étape du traitement de la dite analyse consiste à sélectionner les stations ayant des enregistrements des lames d'eau précipitées d'un pas régulier de 15 min. En raison de la complexité de la transmutation des séries irrégulières en régulière nous optons pour le traitement classique sous Excel et HEC-DSS VUE en appliquant le concept de la somme glissante.

Puisque notre étude s'inscrit dans le but de la protection contre les inondations, nous nous intéressons donc à l'intensité maximale en 24h pour une période de retour de 50 ans.

Ce traitement préliminaire nous a permis d'analyser le calage de huit événements s'étalant sur quinze stations: Février 1986; Décembre 1987; Mars 1991; Novembre 1996; Décembre 2009; Octobre 2012; Mars 2013; Novembre 2014.

Les résultats obtenus montrent que les distributions temporelles des averses du bassin versant de Souss dominantes ont la tendance intermédiaire entre les pluies NRCS de type I_a et type II.

L'analyse visuelle ne peut toujours pas être méticuleuse et objective, d'où la nécessité d'un modèle mathématique représentatif de la région souhaitée afin d'affiner les résultats, la modélisation Pluie-Débit via HEC-HMS à titre d'exemple.

Mot Clé : Précipitation journalière, Averse, Pluie de projet, NRCS, SCS, KEIFER, Distribution temporelle, Souss Massa, Analyse fréquentielle, Période de retour.

Etude hydrologique et analyse des données climatologiques pour des bassins versants du plateau de Settat (Maroc)

Yassine Bouslihim ⁽¹⁾, Namira El Amrani Paaza ⁽¹⁾ et Aïcha Rochdi ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratoire des Energies Renouvelables, Environnement et Développement (LERED), Université Hassan 1^{er}, Faculté des Sciences et Techniques de Settat.

Résumé

Les ressources en eau de surface dans la région de Settat sont caractérisées par des réseaux hydrographiques peu développés à régime endoréique. Cette ressource est représentée principalement par 3 petits bassins versants avec des superficies variant de 631 km pour l'oued Tamdroust, 183 pour l'oued Mazer à 173 km pour l'oued El Himmer. L'intérêt de ces bassins réside dans le fait qu'ils contribuent à l'alimentation de la nappe de Berrechid surtout en période de crue.

Des observations de terrain ont montré qu'après chaque épisode pluvieux important, des inondations ont lieu. Pour pallier à ce problème, plusieurs infrastructures ont été réalisées pour limiter les dégâts des inondations dans cette région par la construction du barrage Tamdroust sur l'Oued Tamdroust situé au Nord-Est de la ville de Settat.

L'objectif de notre étude est de comprendre le régime hydrologique des bassins précités par une étude hydrologique de la situation actuelle à partir de l'analyse des historiques des débits et des précipitations et l'application d'un modèle hydrologique.

Mots Clés : Etude hydrologique, modèle hydrologique, bassin versant, Plateau de Settat (Maroc).

Apport de la cohérence par ondelettes continues pour déterminer les liens entre indices climatiques, pluies et débits

Zineb Zamrane^{1,2,4*}, Nour-Eddine Laftouhi^{1,4,5}, Gil Mahé², Benoit Laignel³

1. Laboratoire GEOHYD, Université Cadi Ayyad de Marrakech, BP 2390, 40000 Marrakech

2. HydroSciences 34095 Montpellier France

3. UMR CNRS 6266 IDEES, Université de Rouen, 76821 Mont-Saint-Aignan Cedex

4 Unité de Recherche Associée au CNRST URAC 44

5 Laboratoire Mixte International TREMA (trema.ucam.ac.ma)

*z.zamrane@gmail.com

Résumé

Les signaux de précipitations et de débits sont marqués par des structures annuelles et interannuelles à la fois en termes de fréquences et de périodes d'occurrences de ces modes.

Au niveau de notre zone d'études, qui correspond aux trois grands bassins de la Moulouya, du les modes d'oscillations présents à la fois dans les débits et dans les précipitations peuvent être liés à des fluctuations climatiques. Nous choisissons ici d'envisager ces fluctuations au moyen de trois indices climatiques, la NAO (Oscillation Nord-Atlantique), le WMOI (Western Mediterranean Oscillation Index) et le SOI (Oscillation Australe), ces indices climatiques ayant un impact reconnu plus sur les États-Unis et sur l'Europe.

Le calcul de la cohérence par ondelettes continues entre ces différentes variables (indices climatiques, pluies et débits) est donc utilisé afin de déterminer plus précisément les modalités de leur corrélation, et de vérifier les observations réalisées à partir des spectres en ondelettes univariés.

Bien que la variabilité de la réponse hydrologique soit liée à une tendance générale (structurée), il reste important de pouvoir distinguer si ces variations sont connectées à des phénomènes de plus larges ampleurs spatiales et temporelles, ou s'ils sont seulement une expression des effets locaux.

Mots clés : Indices climatiques, Maroc, Pluie, Débit, Ondelette.

Analyse de la variation spatio-temporelle des surfaces d'eau et des surfaces agricoles par cartographie numériques durant les dernières 30 années, Exemple de la plaine du Haouz, Maroc

M. El Halim.^a, H. Ibouh^{a et b}, M. Akboub^a

^aUniversité Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, laboratoire Géosciences et Environnement, BP 549, Guéliz, Marrakech, Maroc ; Email * : Elhalim.mouhsin@gmail.com

^bLMI –TREMA_IRD ; Université Cadi Ayyad, Bd. P My Abdellah, B.P. 2390, 40000 Marrakech, Maroc

^cUniversité Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Département de physique BP 549, Guéliz, Marrakech, Maroc

^b, Laboratoire Géorressources et, Bd A. Khattabi, BP 549, 40000 Guéliz Marrakech, Maroc

Résumé

Cette étude s'est intéressée à la plaine du Haouz, située dans la région de Marrakech entre le Haut Atlas et le massif des Jebilet. Il s'agit d'une contribution à la mise en place des plans simples de gestion des périmètres agricoles. L'objectif principal de cette étude est de suivre la dynamique des formations végétales et les surfaces d'eau dans le temps et dans l'espace sur une période de 30 ans entre 1984 et 2014. Il s'agit de réaliser des cartes d'occupation du sol en termes de couvert végétal et des surfaces d'eau (eau de surface et eau dans le sol mouillé)

La méthodologie utilisée est la cartographie numérique par image satellite et les techniques de télédétection. Le couvert végétal et les surfaces d'eau seront cartographiés respectivement sous forme de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) et NDWI (Normalized Difference Water Index) et évalués à partir du traitement numérique des données spatiales des capteurs Landsat TM pour une période allant de 1984 à 2012 et Landsat OLI pour la période de 2014. Les cartes des indices de végétation et d'eau (NDVI et NDWI) obtenues à l'issue des traitements ont permis d'identifier les surfaces de la couverture végétale au sein de la plaine et les changements dans le temps. Vu la non disponibilité de toutes les images en période systématique, nous avons choisi celles du mois de juin des années 1984; 1986; 2002; 2009; 2010 et 2014. La méthodologie utilisée pour l'étude comparative est la technique de « Change détection ». Cette dernière est une technique qui est souvent utilisée en télédétection pour détecter les variations de la couverture terrestre à partir des images multi-temporelles.

La restitution des cartes NDVI et NDWI des différentes périodes citées ci-dessus, et leur comparaison par la technique de « change détection » nous a permis de mettre en évidence les résultats suivants : la végétation dans la plaine s'est développée sur environ 218 Km² de plus surtout dans le Haouz central avec une diminution d'une surface d'ordre de 182 Km² de moins, principalement à l'Ouest de la plaine. Le bilan montre une augmentation de 36 km². Selon ces valeurs, le couvert végétal a vu alors une augmentation d'environ 140% et occupe plus de 22.8% de la surface de la plaine en 2014 au lieu de 9.5% en 1984. Cette augmentation sollicitera plus de pompage d'eau des eaux souterraines ou de surface. Par contre, l'examen des cartes de NDWI et leurs comparaisons par « change détection » montre que les surfaces d'eau ont connu une régression globale d'environ 73.9% au cours de ces dernières 30 années.

En conclusion, l'examen comparatif des cartes NDVI montre une augmentation de la surface couverte de la végétation de l'ordre 140% entre 1984 et 2014. Cette augmentation est étonnante vu les changements climatiques et la diminution du couvert végétal à l'échelle mondiale. Cette augmentation s'explique à l'échelle locale par le projet dit « Maroc-vert » mobilisé par l'état, et qui vise l'amélioration de la production et l'extension des surfaces agricoles dans la région. Effectivement sur le terrain nous avons remarqué de nouvelles fermes des projets agricoles nouvellement installés. Cependant, les surfaces d'eau et l'eau dans le sol, ont connu une diminution de 73,9%. Cette diminution se comprend dans le cadre de la rareté des sources hydrique à l'échelle mondiale, et en relation avec la diminution des précipitations. Enfin, nous notons que la situation est alarmante, vu que les surfaces du couvert végétal agricole sont en augmentation ce qui nécessite encore plus d'eau, alors que les surfaces d'eau et l'eau des sols mouillés, selon nos données, ont diminué de 73.9%.

Mots clés : NDWI, NDVI, LandSat, Images multi-temporelles. « Change Detection », Plaine du Haouz, Maroc.

Evolution spatio-temporelle de l'évaporation de l'eau d'une colonne de sol limoneux. (Profils isotopique (^{18}O , ^2H))

Zakaria Boujamlaoui,^{1,2}, Thierry Bariac², Philippe Biron², Patricia Richard²

1Laboratoire de Chimie Analytique Agricole et Isotopique, Département des Ressources Naturelles et Environnement, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Madinat el Irfane, 10101 Rabat-Maroc.

2UMR 7618 IEES Paris Biogéochimie Isotopique Département Sol et Eau AgroParisTech 78850 THIVERVAL GRIGNON-France.

Résumé

L'étude de l'évaporation est un phénomène cinétique complexe qui fait intervenir une multitude de paramètres du milieu. La fixation de certains de ces paramètres, comme les paramètres microclimatiques, permet de rendre compte du rôle joué par les paramètres propres au sol, sur la détermination de la quantité d'eau perdue par évaporation.

Ainsi, nous avons suivi en conditions asservies l'évaporation de l'eau d'un sol nu, pendant une période de 43 mois et sans réalimentation en eau.

L'étude a été conduite à partir d'un suivi des relations entre l'évolution des réserves hydriques dans le sol et l'évolution de la composition isotopique (^{18}O , ^2H) de l'eau du sol, à différentes profondeurs. Ceci nous a permis de suivre et de déterminer avec exactitude l'épaisseur de la couche sèche qui s'est développée dans les couches de surface du sol.

Analyse spatio- temporelle de la vulnérabilité et des risques de la sécheresse au cours de dernières décennies dans le bassin de Tensift (Marrakech- Maroc)

Fatima FNIGUIRE^{1,2}, Nour-Eddine LAFTOUHI^{1,2}, Mohamed Elmehdi SAIDI³, Zineb Zamrane^{1,2}, Hicham El Himer^{1,2} et Nourddine Khalil^{1,2,3}

¹ Laboratoire GeoStructures, Geomateriales etResourcesHydriques GEOHYD, Faculté des Sciences Semlalia, Cadi Ayyad, PB. 2390, Marrakech 40000, Maroc, fniguire.f@gmail.com

² Association Team du Centre National de recherche Scientifique and Techniquen(CNRST)

³ Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad,Marrakech 40000, Morocco

Résumé

Au cours de ces dernières décennies, la sécheresse est devenue un phénomène chronique au Maroc. Il semble débiter à partir de la fin des années 70 du dernier siècle et la tendance continue vers la fin des années 2000. La méthode Indice normalisé de précipitations et des tests non paramétriques ont été appliqués sur des données hydrométéorologiques, la période d'observation va de 1929 à 2010 ceci pour reconnaître la fréquence et la gravité des épisodes de sécheresse.

La série de l'Indice Standardisé de Précipitation a montré une variation inter-annuelle significative, l'évolution de précipitations représente des cycles humides (avant 1975), suivie d'une longue période de sécheresse entre 1975 et 2004. La variabilité inter-annuelle des précipitations est accompagnée par des ruptures de stationnarité dans les séries. Le test statistique de Pettit, la méthode bayésienne de Lee et Heghinian, la procédure de Buishand et le test d'Hubert a révélé des ruptures autour du milieu de 70. Après cette période, un déficit de précipitations (avec une valeur maximale de 30%) a été enregistré.

Les valeurs de la probabilité de de l'indice standardisé de précipitation mensuelles étaient normales à au-dessous de la normale au cours des 40 dernières années. En fait, l'augmentation du risque de sécheresse peut être le résultat d'une augmentation de la fréquence et de la gravité de la sécheresse météorologique. La méthode de l'indice standardisé de précipitation et les tests non paramétriques proposés précisent des résultats plus raisonnables et satisfaisants pour le Maroc. Pour cette raison, cette méthode pourrait être appliquée avec succès dans d'autres régions semi-arides, sèches, sub-humides ou semi-humides où les séries de précipitations présentent une forte saisonnalité avec une variabilité d'une année en année, comme le macro-climat de la région méditerranéen.

Mots clés : Sécheresse, précipitation, rupture, Maroc

Thème 2 : Les événements extrêmes au Maroc : Sécheresses et Inondations

Evaluation de la vulnérabilité aux mouvements de terrains et aux inondations en zones montagneuses marocaines: apport de la télédétection, les SIG, la géostatistique et la modélisation hydrologique

BOUTSAKRIN S.⁽¹⁾, ZIADI K.⁽¹⁾, BEN KABBOUR B.⁽¹⁾

¹ Équipe de recherche sur la Gestion et la Valorisation des Ressources Hydriques GEVARHY, Faculté des sciences et techniques, USMS, B.P. 523, Béni Mellal, Maroc.

Communication : Téléphone : 212 6 18 55 22 94 ; télécopieur : 212 5 23 48 52 01 ; courriel : brahimbenkabbour@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est le développement d'une approche pluridisciplinaire qui combine le traitement d'image satellitaire, la géostatistique et la modélisation hydrologique afin d'évaluer la vulnérabilité des zones montagneuses marocaines aux mouvements de terrain et aux inondations. La zone d'étude se situe sur le flanc nord des montagnes de l'Atlas et plus précisément sur la vallée d'Oued El Abid sur le bassin versant d'oued Oum Er'Rbia.

Plusieurs paramètres ont été pris en considérations lors de l'élaboration des différentes cartes. Ces paramètres sont la résistance des sols, les discontinuités structurales, la pente et la géomorphologie du sol et l'occupation du sol. Les cartes qui ont résulté de ces différents traitements ont été combinées à un model hydrologique pour l'évaluation de la vulnérabilité combinée des mouvements de terrains et d'inondations.

La carte thématique finale, dérivée de cinq cartes partielles, a montré quatre classes d'ordre de vulnérabilité décroissante: des zones de vulnérabilité forte, des zones de vulnérabilité moyenne, des zones de vulnérabilité faible et des zones de vulnérabilité très faible. Les zones de vulnérabilité forte et moyenne couvrent plus de 60% de la région et se situent à l'amont de la route nationale menant de Beni Mellal à Marrakech sur l'oued El Abid. Des simulations hydrologiques ont été menées par le logiciel HEC-RAS afin d'aboutir à un modèle des zones à haut risque d'inondations.

Les documents résultants peuvent être considérés comme outils incontournables pour les décideurs et planificateurs de la région et des régions sous contextes similaires pour adapter leurs politiques et actions pour un ménagement durable du territoire et une gestion intégrée des ressources et risques hydriques en zones de montagnes et atténuer ainsi l'impact du changement climatique.

Mots clés : Mouvement de terrains, Aléas hydrique, Changement climatique, Montagnes, Télédétection, Géostatistique, Modélisation hydrologiques.

Les évènements extrêmes au Maroc : Cas du bassin versant de l'oued Souss (Crues, inondations et mesures de protection)

Brahim BOUAAKAZ¹, M. Faskaoui² et Zine El Abidine EL MORJANI³

1 : Agence du bassin Hydraulique du Souss Massa et Drâa, Agadir

2 : Doctorant a la faculté polydisciplinaire de Taroudant (FPT)-Lastah, Taroudant Maroc, Laboratoire Exploration et Gestion des Ressources Naturelles et Environnementale (EGERNE), Université Ibn Zohr

3 : Faculté polydisciplinaire de Taroudant (FPT)-Lastah, Taroudant, Maroc, Laboratoire Exploration et Gestion des Ressources Naturelles et Environnementale (EGERNE), Université Ibn Zohr.

bouaakkaz2012@gmail.com, elfaskaoui_mhamed@yahoo.fret elmorjaniz@gmail.com

Résumé

Depuis les années 1990, on note une augmentation considérable des catastrophes naturelles liées à l'inondation au Maroc. Plus de 232 896 personnes ont été touchées, et plus de 1165 personnes sont tuées, ainsi qu'une perte économique de plus d'US \$ 295 million selon le Centre de Recherche sur l'Epidémiologie des Désastres (CRED, 2015)

Le bassin versant de Souss (régions semi-aride à aride), vulnérable aux inondations, dont l'intensité est de plus en plus alarmant en'échappe pas aux effets de cet évènement extrême. En effet, son milieu physique (pentes fortes, roches friables et imperméables, fortes précipitations, ramification de ses réseaux hydrographique, et clairsement de son couvert végétal) ainsi que les facteurs humains (empiétement, surpâturage, défrichage, croissance démographique accélérée, urbanisation incontrôlée, déforestation et infrastructure fragile) offrent un environnement propice au développement de fortes crues. Les tendances aux changements climatiques ne font qu'augmenter le risque d'inondation.

Ainsi, les débordements fréquents de l'oued Souss et ses affluents ont provoqué, à plusieurs reprises, des dommages matériels, environnementaux, sociaux et économiques importants, notamment lors de passage des crues exceptionnelles de février et novembre 2010 et 2014 qui ont causé des inondations. A cet effet, le risque lié à ce phénomène pose un défi pour l'avenir et constitue un des problèmes majeurs du développement durable dans cette région. Il est primordial de souligner que la préparation à ces catastrophes et la réduction de ses impacts néfastes par la cartographie du risque ne peuvent se réaliser que par la disposition des informations fiables et précises comme (la connaissance des phénomènes, leurs manifestations, leurs comportements, les facteurs sociaux, économiques et environnementaux vulnérables...).

C'est dans ce contexte, que nous avons développé une méthodologie pour mettre en place des actions de gestion du risque d'inondation dans la bassin du Souss pour développer un outil d'aide à la décision afin de réduire les pertes humaines, économiques et environnementales, et déterminer les zones où il faut intervenir pour protéger la population vulnérable contre les inondations. Les systèmes d'Information Géoréférée, la télédétection satellitaire spatiale ainsi que les techniques d'analyse multicritère ont été utilisé dans cette étude comme des moyens efficaces pour gérer, organiser, créer et modéliser ce type d'information ainsi d'évaluer et réduire la vulnérabilité. Cette démarche intégrée de traitement numérique a permis aussi la compilation et la création de documents spatiaux de base (le modèle numérique d'altitude et ses dérivés, l'occupation du sol, la carte lithologique et ses dérivés, la carte des sols, la carte des précipitations, le couvert végétal, ...).

Mots clés : crue, inondation, catastrophe, systèmes d'Information Géoréférée, télédétection satellitaire, régression multiple, analyse fréquentielle, analyse multicritère, Bassin versant, Souss, semi arides, Maroc

Modélisation Hydrologique des crues de Novembre 2014 du Bassin de la Rhéraya, région de Marrakech

Ismail SALIK¹, Lahcen BENAABIDATE, Lahoucine HANICH, Yves TRAMBLAY, Mounia BENGHANEM

Faculté des Sciences Semlalia / Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.

Ismailsalik55@gmail.com

Résumé

Le Maroc est souvent confronté à des épisodes pluvieux sérieux qui peuvent engendrer des crues et des inondations. Ces dernières causent des dégâts très importants. Ainsi, la simulation des débits à l'exutoire d'un bassin versant est intéressante et face à l'augmentation et à la vulnérabilité des risques d'inondation, la prévision hydrologique est de plus en plus nécessaire.

Dans le cadre de ce travail, on s'intéresse à la modélisation hydrologique de type pluie-débit du bassin Rhéraya qui est un affluent de l'oued Tensift dans la région de Marrakech, avec le modèle HEC-HMS, du fait qu'il s'agit d'un modèle événementiel. La période choisie pour l'application de ce modèle c'est novembre 2014 qui a connu des crues importantes. Dans ce mois, nous avons travaillé avec l'épisode du 04 au 05 novembre 2014.

En ce qui concerne la validation du modèle on a employé le critère Nash qui est très répandu chez les hydrologues pour évaluer la qualité du modèle, L'estimation du modèle s'avère très satisfaisante parce que le critère Nash est égal à 90% dans le modèle non spatialisé et 94% dans le modèle spatialisé.

Mots Clés : Modélisation pluie-débit, hydrologie, Crue de Novembre 2014, Bassin Rhéraya

Résilience et changement climatique : vers une Analyse récente du risque d'inondation au Maroc

Narjiss Satour^{1*}, Nadia Kassou¹, Ilias Kacimi¹, Mohamed Ben-Daoud¹, Mustapha Maatouk³

1 : Laboratoire d'océanologie, géodynamique et génie géologique, équipe géologie de l'eau et de l'environnement: Etudes, Analyse et Recherches, département géologie, Faculté des Sciences de Rabat, Université Mohamed V, Maroc

2 : Faculté des Sciences de Meknès, Université Moulay Ismaïl

3 : Faculté des sciences et techniques de Tanger, Université Abdelmalek Essaidi

Narjiss.satour@gmail.com

Résumé

Le Maroc est comme tous les pays du monde, devient de plus en plus soucieux des risques des phénomènes extrêmes engendrés par les changements climatiques dont les inondations présentent une large manifestation de celles-ci. Pour pouvoir atténuer et s'adapter avec ses risques la résilience s'instaure comme une vision récente et actuelle qui dépasse les méthodes traditionnelles du management du risque dans une ville. Ajoutant que le rôle central de la gouvernance locale dans la gestion des risques de catastrophe est désormais reconnu par le gouvernement marocain, et l'implication de l'université s'avère nécessaire. Mais l'existence d'une ambiguïté autour d'une définition concrète du mot résilience présente une large polysémie entre les académiques et les acteurs concernés, et rend sa quantification, comme paramètre propre à un système urbain, plus difficile. Dans ce contexte se présentent les objectifs de ce travail qui vise d'abord à mener une étude bibliographique présentant des avis concrets des différents auteurs à partir des premières définitions de Holling 1973 pour pouvoir choisir la plus adaptée au contexte des inondations dans un système urbain qui sera le sujet d'une prochaine étude. Le travail a aussi comme objectifs la présentation des piliers socio-économiques et sociotechniques nécessaires et concernés pour instaurer une politique résilience face aux phénomènes des inondations ainsi la présentation des méthodes de quantification de la résilience dans un cadre de changement climatique.

Mots clés : Résilience, Risque d'inondation, changement climatique, gouvernance, Maroc.

Evaluation d'un modèle pluie-débit sous l'influence nivale sur le bassin versant de la Rheraya dans le Haut Atlas de Marrakech

Y.HAJHOUI¹, S.GASCOIN², Y.FAKIR¹, G.CHEHBOUNI², R.BASTIEN²

¹Faculté des sciences de Semlalia, département des sciences de la terre, laboratoire Géostructures, Géomatériaux et Ressources Hydriques (GEOHYD), P.O. Box 2390, Marrakech, Maroc.

hajhoujiyoussef@gmail.com,fakir@ucam.ac.ma

² Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère (CESBIO), 18, Av. E. Belin 31401 Toulouse, France. s.gascoin@gmail.com, bastienrichard@free.fr

Résumé

Au niveau de la région semi-aride de Tensift où les précipitations et les ressources hydriques sont limitées, la satisfaction des besoins en eau repose en bonne partie sur l'exploitation des eaux souterraines. C'est le cas des eaux souterraines de la plaine du Haouz traversée par un ensemble d'oueds qui arrivent du Haut-Atlas de Marrakech. La recharge des eaux souterraines dans cette région est étroitement liée à la dynamique hydrologique dans le Haut-Atlas. D'où la nécessité d'analyser le régime hydrologique des oueds atlasiques.

La présente étude vise à caractériser le régime hydrologique de l'un de ces oueds : la Rheraya. Ce dernier a un bassin versant de 225 km² avec des altitudes comprises entre 1030 m et 4167 m. Il s'agit en particulier de répondre à la question suivante: quel est l'impact de la dynamique nivale sur l'hydrologie de l'oued Rheraya que ce soit au pas de temps journalier (débit d'étiage) ou événementiel (crués) en utilisant une approche conceptuelle?

Dans cet objectif, le modèle conceptuel CemaNeige-GR4J est appliqué au pas de temps journalier sur la période 1999-2009. Il nous a permis de :

- 1/ Simuler un débit à l'exutoire du bassin versant à partir des données de précipitations et de températures de l'air,
- 2/ Calculer l'équivalent en eau (SWE) au niveau de la Rheraya,
- 3/ Calculer la fraction enneigée à l'échelle du bassin versant,
- 4/ Et d'évaluer la robustesse des modèles conceptuels dans notre contexte.

Mots clés : Hydrologie, cemaNeige-GR4J, Rheraya, modèle conceptuel.

Thème 3 : Gestion des ressources en eau et changement climatique au Maroc

Pollution des eaux souterraines en aval des décharges non contrôlées. Exemple de la décharge de Mediouna(Casablanca. Maroc)

Ahmed FEKRI

Faculté des sciences Ben M'Sik Université Hassan II de Casablanca. Email ahmedfekri13@gmail.com

Résumé

La production croissante des déchets solides qui est conséquence d'une urbanisation galopante pose un problème en matière de collecte et de modes de traitement qui sont multiples et variés. Parmi lesquels on cite la mise en décharge qui est choisie pour des raisons économiques. Cependant ce traitement s'accompagne toujours par la production de lixiviats qui sont riches en matière minérale, organique et en métaux lourds. Ces effluents qui sont une source potentielle de pollution des eaux souterraines en aval des décharges non contrôlées.

Dans les décharges contrôlées ces effluents sont collectés et traités avant d'être rejetés dans le milieu naturel. Cela requiert la mise en place d'une couche étanche et un réseau de drain qui véhicule les lixiviats vers une station de traitement. Les lixiviats sont issus des eaux de pluies, de la teneur en eau dans les déchets et aussi de la décomposition de la matière organique.

Le gestionnaire doit faire face non seulement aux changements de la composition des lixiviats à traiter mais aussi à la quantité produite qui dépend de la teneur en eau dans les déchets et la variation de la hauteur des précipitations. En effet le dimensionnement du système est étroitement lié à ces deux aspects.

Les changements climatiques qui se manifestent par une augmentation de la fréquence des événements extrêmes constituent une menace pour les décharges qui risquent d'être inondées.

La géochimie des matières particulaires atmosphérique dans région du Grand Casablanca

Idalioua^a, A.; Haissen^a, F.; de la Rosa^b, J.; Fekri^c, A.

^a LGCA, Département de Géologie, Faculté des sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca, Maroc

^b Center for Research in Sustainable chemistry, Huelva University, Huelva, Spain

^c LGAGE, Département de Géologie, Faculté des sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca, Maroc

Corresponding author: E-mail IDALIOUA30@GMAIL.COM

Résumé

La région du grand Casablanca a connu un développement industriel important et un trafic routier intense durant les dernières années. Des études antérieures sur la qualité de l'air au sein de la métropole ont décelé que cette dernière est soumise à une pollution intense résultante des différentes sources d'émissions qui peuvent être anthropique (émissions véhiculaires, industrielles combustions des déchets ...) ou naturelles (biosphère, hydrosphère, lithosphère). Cette étude vise à acquérir une connaissance des matières particulaires (PM), et leurs relations avec les émissions locales, ainsi d'établir une référence des éléments traces contenus dans les PM liés aux différentes sources qui peuvent exister dans la région du Grand Casablanca. A travers la caractérisation géochimique des éléments traces du matériel particulaire de l'air respirable. Il s'agit d'un pré-requis pour aborder l'impact de ces polluants en terme de santé publique, et fournir des outils pour faire évoluer les politiques publiques.

L'échantillonnage a été effectué sur une douzaine d'échantillons de matières particulaires (PM) dispersés dans des zones susceptibles, avec un choix de 4 échantillons dans des zones témoins supposées non polluées. La majorité des 45 éléments analysés contenus dans les PM sont similaires par rapport à d'autres villes à l'échelle mondiale. Il ressort de cette étude que la région du grand Casablanca est caractérisée par des anomalies géochimiques dans l'ordre décroissant en Zn > Ba > P > Sr > Sb > Cu > Cr > V > Zr > Ni. L'abondance de ces derniers diminue graduellement du site urbain (fort trafic routier) au site de fond urbain, et du site de fond urbain au site rural.

Mots clés : Casablanca, PM (Particulate Matter), Eléments-traces .

L'aquifère karstique du Lias de la plaine du Saïs et du Causse Moyen Atlasique tabulaire à l'épreuve du changement climatique

Fouad AMRAOUI

Laboratoire Géosciences Appliquées à l'Ingénierie de l'Aménagement, équipe Hydrosociences, Université Hassan II de Casablanca, Faculté des Sciences Ain Chock, BP 5366 Maarif, Casablanca, Maroc.

amraoui_f@hotmail.com

Résumé

Les aquifères karstiques constituent dans la méditerranée une ressource en eau essentielle, parfois unique, tant pour l'eau potable que pour l'irrigation. C'est le cas de la nappe profonde du Lias qui a une grande extension géographique, couvrant le Causse Moyen atlasique et la plaine du Saïs (2 100 km²). Ce réservoir joue un rôle primordial pour l'alimentation en eau potable des deux grandes villes de Meknès et de Fès (2 millions d'habitants) et des centres de la région. Il est aussi sollicité pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation de plus de 40 000 Ha.

L'objet de cette communication est double : approche de la géométrie et du fonctionnement hydrodynamique d'un grand réservoir profond du Lias, basée sur une riche base de données hydrogéologique ; et montrer les conséquences d'une longue séquence de sécheresse sur les ressources en eau de la région.

Cette connaissance est primordiale pour une gestion quantitative et qualitative des ressources en eaux souterraines qui devient une urgence dans un contexte de changement climatique tendant dans la région vers l'aridification.

Mots clés : Aquifère liasique, Lias, changement climatique, géométrie de la nappe, fonctionnement hydrodynamique.

Développement des eaux souterraines comme outil d'adaptation et d'atténuation des impacts des changements climatiques : Cas des nappes de la plaine de Tadla, Maroc

B. Ben Kabbour⁽¹⁾

⁽¹⁾Département des Sciences de la Terre, FST Béni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane

Résumé

A l'échelle mondiale, les nappes d'eau souterraine, de part leur quantité que leur qualité, sont incontournables pour la persistance et la réussite de toute activité social, économique ou environnementale. Ceci est très bien démontré surtout dans des zones marocaines où l'économie repose sur l'agriculture et l'agro-industrie comme la plaine de Tadla dans la région Béni Mellal-Khénifra au centre ouest du Maroc.

Les recherches scientifiques qu'on a encadrées s'étendent déjà sur une vingtaine d'années, et ont porté sur le développement des eaux souterraines de la région de Tadla aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif. Sur le plan quantitatif, ces études ont contribué à l'estimation des volumes d'eau emmagasinés dans la nappe et leur fluctuations selon les apports et les extractions : les retours d'eau d'irrigation et le recul des infiltrations pluvieuses sous l'effet de la sécheresse. Notre outil de prédilection lors des premières phases de reconnaissance était la géophysique électrique, les diagraphies, les logs stratigraphiques des forages et les essais géotechniques de terrain et de laboratoire. Sur le plan qualitatif, plusieurs campagnes hydrogéochimiques et sur la qualité de l'eau ont été menées dans le but de comprendre les interactions eau-roche au niveau des nappes et les interactions des nappes avec leur environnement géologique et biologique.

Récemment, nous nous sommes penché sur l'utilisation des images satellitaires de type LANDSAT et SENTINEL pour la caractérisation géotechnique des sols, du couvert végétal et de l'utilisation des sols. Les résultats de ces traitements d'images ont été d'une grande utilité pour la compréhension des interactions eau de surface/eau souterraine surtout la quantification de la pluie efficace et le retour des eaux d'irrigation et leurs impacts sur la nappe. Le zoning de la région selon différents critères géotechniques du sol ont permis de proposer les meilleurs sites pour l'application de la recharge artificielle des nappes.

La phase finale de nos recherches est de proposer un modèle de gestion intégrée des ressources hydriques de la plaine étudiée via l'utilisation du logiciel Visual Modflow Flex afin de suivre l'impact des différents scénarios du changement climatique et de suggérer les solutions les plus pertinentes pour l'atténuation et l'adaptation à ces impacts.

Ces différents études n'ont pu être menés sans le co-encadrement et la coopération avec différents acteurs publiques et privés du domaine de l'eau au niveau de la région : entre autres l'agence du bassin hydraulique d'Oum Er'Rbia (ABHOER), l'Office Régional de Mise en valeur Agricole de Tadla (ORMVAT), l'Office National de l'Eau Potable et d'Electricité (ONEE),... etc.

Mots clés : Maroc, Nappes d'eau, Tadla, Géophysique, Modélisation, Hydrogéochimie, Hydrogéologie, Télédétection, Géotechniques, Impacts du Changements Climatique.

Réutilisation des eaux usées épurées dans la région Souss Massa: Etude de cas du Golf de l'océan

Hajar Benlouali¹, Redouane Choukrallah¹, Moulay Cherif Harrouni², Aziz Hirich³

¹Laboratoire de salinité et nutrition des plantes, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir, BP 773, Agadir, 80 000. Emails: benlouali.hajar@gmail.com / redouane53@yahoo.fr

²Département Paysage et Environnement, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Complexe Horticole d'Agadir, BP 773, Agadir, 80 000. Email: c.harrouni@gmail.com

³Centre International des Cultures Biosalines. Email: hirich_aziz@yahoo.fr

Résumé

Au Maroc, la région du Souss Massa est l'une des régions les plus touchées par la pénurie d'eau. En plus de l'aridité du climat et d'une demande croissante en eau, due principalement au développement économique, les ressources hydriques sont vulnérables face aux changements climatiques, à la pollution, à la surexploitation et contamination de la nappe phréatique.

Afin d'alléger la pression exercée par les différents acteurs sur les ressources hydriques, la région a eu recours à la réutilisation des eaux usées épurées. Cet travail présente d'abord une revue bibliographique de la situation actuelle des ressources en eau dans la région. Dans un deuxième temps, cet article se focalise sur le cas de la réutilisation des eaux usées épurées dans le Golf de l'Océan à Agadir. En effet, ce projet pilote a démontré la présence de deux problèmes majeurs qui sont le colmatage du réseau d'irrigation et la teneur élevée de l'eau en sels et en éléments nutritifs, notamment en nitrates, chlorures, bicarbonates, calcium et sodium.

Pour conclure, des solutions sont proposées afin de mieux gérer ces problèmes et d'optimiser l'utilisation des EUE dans l'irrigation des golfs et des espaces verts.

Mots clés: Changement climatique, Pénurie, Souss-Massa, Réutilisation, Eaux usées épurées, Golf,.

Remerciement : Ce projet a été financé par Agrotech (Association Agro-technologies Du Souss Massa Drâa)

L'estimation de l'évapotranspiration au sein d'un modèle de type SVAT, en utilisant les données de l'humidité du sol et la température de surface sur une zone de blé irriguée en climat semi-aride

B. Aithssaine¹, J. Ezzahar², O. Merlin^{1,3}, S. Khabba¹, S. Er-Raki⁴

1- LMME Département de physique, Faculté des sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

2- Equipe de Mathématiques et Traitement de l'Information (MTI), Ecole Nationale des Sciences Appliquées (ENSA) de Safi

3- Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Toulouse, France

4- LP2M2E, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

Résumé

Les zones semi-arides souffrent du problème de raréfaction des ressources en eau, traduit par une forte demande évaporative et une pluviométrie faible et irrégulière. Dans ce contexte l'importance de la simulation de nombreux aspects de l'hydrologie, y compris, l'humidité du sol, l'évaporation, l'absorption d'eau par les plantes et l'infiltration est primordiale.

L'humidité du sol est une composante essentielle du cycle hydrologique, elle contrôle l'évaporation du sol, la transpiration des plantes et la partition des eaux de pluie en infiltration et ruissellement. Dans les régions semi-arides, une connaissance de l'humidité en zone racinaire représente un enjeu important pour le suivi des ressources car elle permet à la fois de détecter les périodes de stress hydrique et d'anticiper le besoin en eau des cultures. Au Maroc, le gestionnaire de la plaine du Haouz (ORMVAH) a souligné l'intérêt d'une information spatialisée sur l'humidité du sol pour optimiser l'irrigation.

Cette étude présente une stratégie visant à améliorer les estimations de l'évapotranspiration dans les régions semi arides et plus précisément dans la région de Tensift-Al Haouz, ceci par développer un algorithme qui intègre les données d'humidité du sol et de température de surface dans un bilan d'énergie basé sur les équations principales du modèle TSEB (Two-source energy balance).

Cette étude qui s'intègre dans le cadre du projet REC (<http://rec.isardsat.com/>), a été réalisée sur le secteur irrigué R3 situé à 40 km de Marrakech. Ce site a été instrumenté par un système d'Eddy Covariance pour mesurer les flux convectifs (H et LE), des capteurs pour mesurer les composantes de l'énergie disponible (Rn et G) ainsi que les paramètres climatiques.

Dans un premier temps on a comparé les flux simulés par le modèle avec ceux mesurés par le système d'Eddy covariance. Ensuite, on a inversé un coefficient de stress f_g et de la résistance d'évaporation du sol r_{ss} .

Les résultats préliminaires ont montré la forte capacité du modèle à reproduire les flux convectifs H et LE avec respectivement des RMSE de 54.97 W/m² et 75.97 W/m².

Mots clés : Humidité du sol, Eddy covariance, résistance d'évaporation du sol, température de surface, transpiration, coefficient de stress.

Recharge Artificielle des aquifères: Une solution d'adaptation aux changements climatiques. Application au bassin hydrogéologique de Berrechid : Expériences et modélisation numérique

El Mansouri B⁽¹⁾., Adnane L⁽¹⁾., Slimani M⁽²⁾., Kili M⁽¹⁾., Chao J⁽¹⁾. Mridekh A⁽¹⁾

⁽¹⁾: Georessources Lab des Géosciences des Ressources Naturelles. Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail. BP. 133, Maamora Campus, Maroc. Email: b_elmansouri@yahoo.fr

⁽²⁾: Agence du Bassin Hydraulique du Bouregrag et de la Chaouia (ABHBC), Maroc.

Résumé

Dans certaines zones du globe où les ressources en eau font défaut, la technique de recharge artificielle (RA) des nappes est devenue une pratique courante pour améliorer le stock d'eau souterraine. Cette opération est réalisée à partir de l'eau de surface dans des bassins, des tranchées, des fossés et d'autres dispositifs où l'eau s'infiltré pour recharger les aquifères en fonction, surtout du contexte hydrogéologique de la nappe sujet de la recharge.

D'après des études spécifiques au Maroc, les impacts du changement climatique sur la ressource en eau seront multiples, tant sur l'offre (quantité et qualité) que sur la demande. La R.A est considérée comme une solution d'adaptation à ces changements climatiques. Plusieurs études réalisées par les agences des bassins hydrauliques au Maroc ont concerné plusieurs nappes et des installations de recharge artificielle sont fonctionnelles dans certains sites aménagés pour cet effet. Malgré les efforts et le coût élevé de ces aménagements, peu de projets sont suivis et peu de résultats capitalisés.

Pour faire face à la vidange accélérée de la nappe de Berrechid, des opérations de la recharge artificielle sont réalisées par l'Agence du Bassin. La recharge est effectuée à partir du barrage El Himer au Sud de la plaine au sein du Plateau des phosphates. Ce barrage est édifié pour la protection de la ville de Berrechid et sa zone industrielle contre les inondations et l'utilisation des eaux des crues pour la recharge artificielle de la nappe lors des périodes d'étiage.

Un modèle numérique pour la simulation de la recharge artificielle est établi. Le calage de ce modèle a permis de reproduire l'état de la nappe sous l'effet de la recharge. Ces simulations ont montré que l'efficacité de la recharge artificielle est de 20% environ.

Mots clés : Recharge artificielle des Aquifères, nappe de Berrechid, expériences, Modélisation numérique.

Téledétection et Gestion Intégrée des Ressources en Eau en Méditerranée semi-Aride : Cas du bassin du Tensift Al haouz

S. Er-Raki^{1*}, V. Simonneaux^{2*}, S. Khabba³, L. Jarlan², L. Hanich¹, Y. Fakir³, O. Merlin², M. Le Page², J. Ezzahar⁴, A. Benkaddour¹, Y. Trambly⁵, M.H. Kharrou⁶, B. Berjamy⁷, A. Dezetter⁵, A. Saaïdi⁸, F. Raïbi⁹, S. Gascoin², A. Boudhar¹⁰, G. Boulet², N. Laftouhi³, A. El Mandour³, M.M. Saidi¹, H. Ibouh¹, B. Mougénot², A. Marchane¹, A. Diarra³, G. Aouade¹, J. Toumi³, Y. Hajhouji³, H. Nassah³, A. Amazirh¹, B. Ait Hssaine³, S. Sefiani³, W. Zkhir¹, M. Khalki¹, P. Fanise², A. Chakir², A. Mokssit⁸, H. Marah⁹, G. Chehbouni²

¹Faculté des Sciences et Techniques (FST), Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc. s.erraki@uca.ma&vincent.simonneaux@ird.fr

²Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphère, Toulouse, France

³Faculté des Sciences Semlalia (FSS), Université Cadi Ayyad (UCAM), Marrakech, Maroc

⁴Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Safi, Université Cadi Ayyad (UCAM), Maroc

⁵Laboratoire HydroSciences Montpellier, France

⁶Office Régional de Mise en Valeur de l'Eau Agricole du Tensift Haouz (ORMVAH), Marrakech, Maroc

⁷Agence de Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT), Marrakech, Maroc

⁸Direction de la Météorologie Nationale (DMN), Casablanca, Maroc

⁹Centre National d'Etudes sur les Sciences, les Techniques et l'Energie Nucléaire (CNESTEN), Rabat, Maroc

¹⁰Université Sultan Moulay Slimane, Beni Mellal, Maroc

Résumé

Les tensions sur les ressources en eau dans les régions semi-arides sont aujourd'hui importantes sous l'effet conjugué de la rareté de ces ressources et d'une pression anthropique forte. Ces contraintes devraient s'accroître dans les prochaines décennies sous l'effet des changements climatiques annoncés, le sud de la Méditerranée étant particulièrement impacté notamment par l'augmentation des températures. Par ailleurs, l'évolution démographique et le développement économique de ces régions augmentera cette pression anthropique déjà forte. Des mesures d'adaptation fortes commencent à être mises en place (par exemple l'optimisation de l'usage de l'eau agricole dans le cadre du plan Maroc Vert), mais elles doivent être poursuivies. Pour cela, il est nécessaire de fournir aux décideurs des informations quantitatives à même de les aider à faire les choix qui s'imposent.

Le Laboratoire Mixte International « Téledétection et Ressources en Eau en Méditerranée semi-Aride » (LMI TREMA) travaille depuis 15 ans dans le bassin versant du Tensift (Maroc, Marrakech). Il associe des équipes de recherches de l'Université Cadi Ayyad (Marrakech), de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), de la Direction Nationale de la Météorologie Marocaine (DMN) et du Centre National de l'Energie des Sciences et des Techniques Nucléaires (CNESTEN) ainsi que des gestionnaires locaux de la ressource en eau (Agence de Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT), Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz (ORMVAH)). L'objectif général est l'étude du fonctionnement hydrologique du Tensift considéré comme représentatif des bassins versants semi-arides, comportant une zone d'alimentation amont recevant les précipitations et des usages agricoles dans les plaines en aval, sollicitant les écoulements de surface ainsi que les aquifères. Dans ce contexte, l'enjeu de la recherche

est *in fine* de proposer des outils de gestion de la ressource en eau et d'étudier l'impact des changements climatiques et anthropiques.

Les objets d'étude du laboratoire concernent essentiellement l'hydrologie de montagne d'un point de vue ressource, le risque de crue, les processus d'infiltration des écoulements issus de la montagne vers la nappe et le fonctionnement hydrologique des zones cultivées dans la plaine située en aval, en incluant l'aquifère sous-jacent fortement sollicité par les prélèvements pour l'irrigation. La spécificité des approches développées au sein de TREMA est qu'elles sont basées sur différents types de modélisation hydrologique, alimentés par des observations de terrain combinées à l'utilisation intensive de la télédétection spatiale. Ce dernier type de données, dont la richesse en information et la disponibilité est en forte progression ces dernières années, permet très avantageusement par rapport aux méthodes basées uniquement sur les données *in situ*, de suivre l'enneigement en montagne et le bilan hydrique des zones cultivées. Par ailleurs, la profondeur temporelle des séries d'images acquises pour certaines depuis près de 40 ans (ex Landsat) nous renseigne sur les changements passés. Les études menées s'appuient également sur un observatoire *in situ* constitué d'un réseau de stations de mesure des principaux paramètres hydro-climatiques (climat, évapotranspiration, etc.) couplé à des campagnes d'observation de la végétation. Cet observatoire permanent permet à la fois de fournir les données nécessaires à la mise en œuvre des modèles hydrologiques mais également de suivre l'évolution sur le long terme des paramètres observés.

Les recherches menées par le laboratoire ont été valorisées par le développement d'outils d'aide à la gestion de l'eau d'irrigation, ainsi que par la mise en place d'un modèle intégré du bassin du Tensift permettant de tester l'impact de scénarios climatiques et anthropiques. Nous présentons ici les principales actions et résultats du laboratoire en lien avec les changements climatiques.

Mots clés : Télédétection, Ressources en Eau, évapotranspiration, changements climatiques.

Multi-modélisation pour l'évaluation des changements récents des ressources en eaux souterraines dans la plaine du Haouz (Maroc central)

Fakir Y.¹, Berjamy B.², Le Page M.³, Sghrer A.⁴.

- (1) Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc, fakir@uca.ac.ma
- (2) Agence du Bassin Hydraulique du Tensift (ABHT), Marrakech, Maroc
- (3) Centre d'Etudes Spatiales de la BIOSphères (CESBIO), Toulouse, France
- (4) Office Régional de Mise en Valeur Agricole du Haouz (ORMVAH), Marrakech, Maroc

Résumé

La plaine du Haouz (6000 km²) fait partie du bassin de Tensift situé dans le centre du Maroc. La plaine a un climat semi-aride (250 mm / an de pluie) et elle est bordée au sud par les montagnes du Haut-Atlas. Parce que la plaine est fortement anthropisée, les ressources en eau font face à des demandes lourdes provenant de divers secteurs notamment l'agriculture (plus de 273000 ha de périmètres irrigués), l'approvisionnement en eau pour plus de 2 millions d'habitants et environ 2 millions de touristes par an. Par conséquent, l'eau souterraine est en voie d'épuisement sur une grande partie de la plaine, avec des problèmes de pénurie d'eau qui constituent de graves menaces à l'approvisionnement en eau et au développement durable de la région.

Dans la présente étude, une approche multi-modélisation est appliquée. L'objectif est d'améliorer l'évaluation du pompage des eaux souterraines pour l'irrigation, l'une des données les plus difficiles à estimer, et d'améliorer l'évaluation du bilan des ressources en eau. La modélisation est composée de 03 codes, SAMIR (satellite estimation of Agricultural Water Demand) pour l'évaluation des prélèvements agricoles, WEAP (integrated water resources planning) pour les calculs des bilans et MODFLOW (groundwater numerical modeling) pour la simulation hydrodynamique des eaux souterraines. Les trois modèles sont mis en œuvre et calibré sur la période de 2001 à 2011. Cette multi-modélisation permet d'évaluer l'évolution des ressources en eau dans le temps et l'espace. Les résultats montrent des changements profonds au cours des dernières années qui affectent les ressources en eau. Ces changements sont induits par un développement remarquable de l'urbanisme, la succession des sécheresses, des activités d'agriculture intensive et la mauvaise gestion des ressources d'irrigation et de l'eau.

Certains indicateurs de ces changements sont les suivants: (i) la baisse des eaux souterraines varie entre 1 à 3 m / an, (ii) l'épuisement des eaux souterraines au cours des dix dernières années est équivalent à 50% des réserves perdues pendant 40 ans, (iii) le déficit de l'eau souterraine annuelle est d'environ 100 hm³, (iv) les ressources en eau renouvelables par habitant sont d'environ 500 m³ / an, (v) l'agriculture prend 80% de la demande totale en eau (vi) la consommation nette des eaux souterraines par l'agriculture représente 55% de l'eau totale consommée par l'agriculture. Par conséquent, une stratégie de gestion de l'eau pour une utilisation durable est une préoccupation urgente. Dans ce cadre, le système multi-modélisation devrait être un système d'aide à la décision pour les solutions de gestion des ressources en eau actuelles et futures dans la plaine du Haouz.

Vu d'ensemble sur les Services Web Géographiques: Fonctionnalités & intérêt pour le partage des données spatiales

Fatima HARA^{1,*}, Anas EMRAN¹, Lalla Amina Ouzaouit², Badr EL Fhel³

¹Université Mohammed V-Agdal, Institut Scientifique, Laboratoire de Géologie et Télédétection, Equipe de Télédétection, Ressources et Risque Naturels, Avenue Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, 10090, Agdal, Rabat. fatimahara1@gmail.com

²Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Université Mohammed V, Rabat.

³Université Hassan II - Casablanca, Faculté des sciences - Ain Chock.

Résumé

Les services web permettent l'interopérabilité entre différents logiciels fonctionnant sur différentes plateformes. D'autres standards énoncés par l'OGC (Open Geospatial Consortium) ont vu le jour pour les données spatiales et leurs traitements, ils sont de plus en plus utilisés dans l'industrie pour la gestion et la diffusion des données spatiales. Ce papier présente une vue sur la technologie des services web qui a été développée par OGC (Open Geospatial Consortium), ses fonctionnalités et l'intérêt pour le partage des données spatiales.

Mots clé : Open Source, SDI, Cartographie en ligne, service web, OGC.

Abstract

Web services enable interoperability between different software running on different platforms. Other standard set forth by the OGC (Open Geospatial Consortium) have emerged for the spatial data and their treatments, they are increasingly used in industry for the management and dissemination of spatial data.

This paper presents a view on technology was to develop web services by OGC (Open Geospatial Consortium) functionality and interest sharing spatial data.

Keywords: Open Source, SDI, online mapping, web services, OGC.

Using the soil water balance to analyze deep percolation losses of drip irrigated citrus crops (Haouz plain, Morocco).

H. Nassah (1), S. Er-Raki (2), S. Khabba (3), Y. Fakir (1), O. Merlin (4), B., Mougenot (4)

1: Laboratory GEOHYD, LMI TREMA, Cadi Ayyad University, Marrakech, Morocco. houda.nassah@gmail.com, fakir@uca.ma

2: LP2M2E, Faculty of Science and Technology, University Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco, s.erraki@gmail.com

3: LMME, Department of Physics, Faculty of Science Semlalia, University Cadi Ayyad, Marrakech, Morocco, khabba@uca.ma

4: (CESBIO), Toulouse, France, olivier.merlin@cesbio.cnrs.fr, bernard.mougenot@ird.fr

Abstract

The Haouz plain is located in central Morocco which known by semi-arid climate (250 mm/year of rainfall). With this problem of water scarcity, agriculture consumes about 85% of the available water resources. Consequently, the management of irrigation is important to avoid the water loss by deep percolation (DP) below the plant root zone. In this context, the evaluation of DP over drip irrigated orchards (Agafay and Saada1) using water balance method and irrigation rates optimization are realized in order to reduce DP. Wherein, the results showed that about 37% and 45% of total irrigation and rainfall are lost by DP respectively in Saada1 and Agafay. Additionally the evaluation of water use efficiency showed that adequate rate of water needed to the crop requirement (recommended irrigation) are lower than the real irrigation, confirming that using the rainfall and the recommended irrigation can save approximately 50% of real irrigation in Agafay and 45% in Saada1.

This will allow a rational management of water resources which can attenuate the constraints of climate change by economizing energy in a cost effective and the reduction of green house gasses emissions.

Keywords: Deep Percolation, semiarid regions, irrigation, water balance, climate change.

L'expérience du Maroc en matière de la recharge artificielle des nappes d'eau souterraine (MAR): outil pour l'adaptation et l'atténuation de l'impact du changement climatique

JABIR L. (1), LEZHARIM.(1), BEN KABBOUR B. (1)

(1) Equipe GEVARHY, Département des Sciences de la Terre, FST de Béni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane.
Communication à : b.benkabbour@usms.ma

Résumé

L'expérience du Maroc en matière de gestion des eaux souterraines a permis de démontrer les atouts de la recharge artificielle des nappes (MAR) comme outil de bonne gestion des eaux en milieu aride et semi-aride. Cette technique consiste à alimenter les eaux souterraines par un dispositif choisi selon le type d'aquifère et selon le contexte hydrologique, environnemental et socio-économique. En générale le dispositif peut être de l'infiltration ou l'injection du surplus d'eau de surface vers un aquifère bien étudié. Le surplus d'eau peut provenir de rivière pérenne, des eaux de crues ou de retenue de lac ou de barrage...etc.

La recharge artificielle des nappes (MAR) a été appliquée avec succès dans plusieurs régions du Maroc, et a permis d'atteindre une multitude d'objectifs qui conduisent à l'adaptation aux impacts des changements climatiques en matière de la bonne gestion intégrée des ressources hydriques. Entre autres objectifs la restauration de la qualité de l'eau, le stockage de l'excédent de l'eau en hiver pour faire face aux ces pénuries d'été, déviation ou transfert de l'eau des régions excédentaires en eau vers les régions déficitaires,...etc.

La recharge artificielle permet ainsi de s'adapter et d'atténuer les risques naturels aggravés par le changement climatique tels que les inondations, les érosions et les mouvements de masse, la sécheresse.

Mots clés : Recharge Artificielle, Aquifères, Infiltration, Atténuation, Adaptation, changement climatique

Conséquences des changements climatiques depuis le dernier maximum glaciaire dans le Moyen Atlas (Maroc).

Majda NOURELBAIT^{1,2}, Ali RHOJJATI³, Abdelfattah BENKADDOUR³, Rachid CHEDDADI².

1 Laboratoire géoscience marine et science du sol, faculté des sciences, el Jadida, Maroc. Majda.nour-el-bait@umontpellier.fr ; nourelbait.m@gmail.com

2 Institut des Sciences de l'Evolution, UMR CNRS 5554, Université Montpellier, France.

3 Faculté des Sciences et Techniques, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.

Abstract

This presentation displays some of the environmental consequences of past climate change that have occurred in Middle Atlas (Morocco) since the Last Glacial Maximum. It is based on a multidisciplinary approach that involves pollen, geochemical, isotopes and sedimentological analyses which were carried out on several fossil records collected from the Middle Atlas, Morocco.

During the Last Glacial Maximum (LGM), climate was cold and dry. The overall annual amount of rainfall was probably low, and forest species remain restrained (open landscape). The Pleistocene-Holocene transition was warmer and drier. Forest cover was very low; this increased the vulnerability of the region by exposing it to erosion. The Holocene is divided into three main phases: 1- (9.3 – 4ka cal BP): correspond to a period slightly warmed with a significant increase in annual precipitation. The progressive development of forest cover and the regression of the steppe were involved in the stabilization of watersheds and decrease in detrital. 2- (4 – 2ka cal BP): A maximum of rainfall is recorded. The area was then wetter than the present. 3- (latest 2ka years): Dominance of human activity.

Mots clés: changements climatiques, Moyen Atlas, Maroc, dernier maximum glaciaire, holocène, palynologie, géochimie, isotopes stables, sédimentologie.

Adaptation aux impacts des changements climatiques sur les ressources en eau : Cas du projet intégré de développement local dans la commune de Sidi Boubker, Province Rehamna, (Nord-Est Marrakech)

Sadik ER-ROUANE¹, Mahdi BENSAYEH² & Jean-Pierre PROST³

1 BET GEOMA / EMSI, Marrakech, Maroc;

2 Département de Géologie, Faculté des Sciences Ben Msik, Casablanca, Maroc ;

3 Expert International en Hydrogéologie, Nancy, France.

Résumé

La commune Sidi Boubker fait partie de la province Rehamna et se situe à une trentaine de km au Nord-Est de Marrakech, en pleine collines des Jebilet et se compose de 16 douars s'étendant sur une superficie de 222 Km².

Le climat de Marrakech et ses environs est de type continental aride. Les températures y sont contrastées, basses en hiver, très fortes en été, avec, tout au long de l'année, des amplitudes journalières importantes. La pluviosité et l'hygrométrie sont faibles, l'évaporation élevée. L'historique des données climatiques sur les 40 dernières années montrent une tendance générale au réchauffement, de l'ordre de 2°, et une baisse de la pluviométrie moyenne annuelle. Ce cadre climatique conditionne, entre autres, le réseau hydrographique qui est peu développé et très peu actif.

La commune se situe dans la partie centrale de la chaîne des Jebilet où les formations présentes sont d'âge Viséen supérieur- Namurien ; elles sont composées de schistes, sous forme de shales et de pélites, formant une série puissante et monotone de plusieurs milliers de mètres, connue sous le nom de schistes de Sarhlef.

Ces schistes imperméables, sont souvent fracturés et métamorphisés, surtout au voisinage des intrusions granitiques de Bramram et Oulad Ouaslam. La partie superficielle de ces schistes est généralement altérée, suite au développement de la schistosité et de la fissuration. Il en résulte que cette frange d'altération, pouvant atteindre une quarantaine de mètres de profondeur, ainsi que les terrains fracturés sous-jacents, se trouvent investis par des eaux d'infiltration pluviale, ce qui donne naissance à une nappe phréatique, mais de potentialités extrêmement médiocres.

Des essais de pompage, réalisés dans les Jebilet ou dans des contextes hydrogéologiques analogues, non loin du site concerné, ont confirmé la faiblesse de la perméabilité, conduisant à des caractéristiques hydrodynamiques très mauvaises. Ainsi, la plupart de ces essais donnent des transmissivités de l'ordre de 10⁻⁴ à 10⁻⁵ m²/s, ceux par exemple de la région de Feitout réalisés dans les années 70.

Le contexte géomorphologique assez particulier de cette commune se traduit par deux traits environnementaux primordiaux et qui sont la rareté excessive des ressources en eau, qui s'aggrave de plus en plus et la prédominance de sols très peu fertiles. Ces deux faits condamnent profondément les conditions de vie et tout spécialement l'activité agricole qui se résume à une agriculture céréalière pluviale avec des rendements très faibles. De ce fait l'activité économique principale au sein de la commune est plutôt l'élevage, qui est également très affecté par l'acuité de la sécheresse.

Cet environnement économique très hostile couplé avec une pauvreté nette dans les infrastructures (routes, eau potable, dispensaire, ...) s'est traduit depuis les années 80 par de fortes vagues successives d'exodes rurales vers les villes dont en particulier Marrakech.

Durant les 10 dernières années, la société civile de la commune s'est mobilisée pour mettre en place dans le cadre de l'adaptation aux impacts des changements climatiques des projets locaux intégrés. C'est le cas de celui de la commune de Sidi Boubker visant l'encouragement de la scolarisation, l'amélioration des conditions de vie avec installation et gestion d'un réseau de distribution d'eau ainsi que la programmation d'activités génératrices de revenus dans les domaines de l'élevage. Pour réussir ce dernier défi, la population s'est organisée en associations et coopératives pour la plantation et la valorisation du cactus, plante à grande valeur ajoutée qui supporte bien le stress hydrique et de plus préserve l'environnement.

La recharge artificielle des nappes aquifères comme moyen de résilience et d'adaptation au changement climatique

Mohamed Azaroual

BRGM – Direction Eau, Environnement & Ecotechnologies, 3 av. C. Guillemin, BP 36009, 45 060 Orléans, France.

Résumé

Le changement climatique, l'augmentation démographique incessante et le développement industriel intense provoquent inévitablement une dégradation de la ressource en eau, contribuant ainsi au développement des pollutions et de la raréfaction d'une ressource de qualité dans le monde entier, et plus particulièrement dans les régions arides et semi-arides. 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. En effet, La réutilisation des eaux usées devient une réponse technologique de remédiation incontournable face à la raréfaction de l'eau. L'infiltration d'eaux usées traitées à travers la zone non saturée (ZNS) du sol permet de recharger artificiellement une nappe surexploitée pour l'alimentation en eau potable tout en utilisant le pouvoir épuratoire du sol. La ZNS est en effet une zone d'intense réactivité vis-à-vis des solutions infiltrées et peut posséder, selon le type de sol considéré, une capacité de rétention ou d'élimination des contaminants grâce à ses caractéristiques physico-chimiques, minéralogiques et biogéochimiques. Cette technologie apparaît ainsi comme un concept de gestion active de l'eau fortement attrayant.

Cependant, le développement de ce type de technologie se heurte encore à des verrous techniques et son impact sur l'environnement et la santé publique doit être quantifié et maîtrisé, en particulier pour en faciliter l'acceptabilité sociale et environnementale. Actuellement, la conception des systèmes de réinfiltration d'eaux usées traitées est uniquement basée sur le bon sens et l'expérience. Il n'existe aucun « outil » ou méthodologie permettant d'aider à la conception et à la gestion opérationnelle à long terme de tels systèmes, c'est-à-dire permettant de prévoir (i) le devenir des contaminants, et ainsi la qualité de l'eau de recharge atteignant la nappe, en fonction de la qualité de l'eau infiltrée et de la nature du sol ; (ii) l'évolution du système au court du temps. Il existe donc un besoin important de recherche dans ce domaine.

Afin d'améliorer notre compréhension des phénomènes physiques, biologiques et chimiques clés contrôlant l'efficacité de ce processus plusieurs travaux de recherche ont été réalisés dans différentes régions dont les ressources en eau sont sous stress. 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. Certains récents résultats obtenus sur des cas pilotes et semi-industriels seront présentés.

L'impact des changements climatiques sur les eaux souterraines de la plaine de la Bahira (Maroc central)

M. Karroum¹, A. Elmandour¹, M. Elgettafi², N. Khalil¹, N. Laftouhi¹, I. Chouikri¹

(1) : Laboratoire GEOHYD, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Adresse : Marrakech, Maroc, e-mail : morad.karroum@gmail.com, a.elmandour@uca.ma, khalil@uca.ma, noureddine.laftouhi@uca.ma, ibtissam312@gmail.com

(2) : Laboratoire OLMAN-RL, FPN. Université Mohammed I Oujda, Maroc, e-mail : melgettafi@yahoo.fr

Résumé

Au Maroc, comme dans tous les pays du globe, le changement climatique est devenu un sujet de préoccupation qui réunit tous les professionnels et les experts de l'eau. Le climat est un facteur principal qui détermine les niveaux d'eaux superficielles et souterraines. Or, toute variation du climat, notamment des températures et du régime des précipitations, a un impact important sur ces niveaux.

La plaine de la Bahira, vaste dépression fermée du Maroc central, souffre de l'absence des ressources en eaux superficielles. Elle est drainée uniquement dans sa partie orientale par l'Oued Tessaout. Elle est caractérisée par un climat semi-aride et par une faible pluviométrie (200 mm/an). Dans ces conditions, le recours aux réserves en eaux souterraines est indispensable pour l'approvisionnement en eau pour des fins domestiques, agricoles et minières.

Le bassin de la Bahira est un fossé synclinal caractérisé par un substratum paléozoïque totalement caché par les dépôts postérieurs d'âge allant du Trias au Quaternaire. Les principaux réservoirs qui présentent un intérêt hydrogéologique dans la région de la Bahira sont de deux types ; la nappe superficielle libre (phréatique) logée dans les formations alluviales plio-quaternaires et les formations calcaire Lutétien, et la nappe profonde captive logée dans le Crétacé supérieur formé par des sables, marnes et des grès.

Afin d'évaluer l'impact des changements climatiques sur les eaux souterraines de la nappe phréatique au niveau de la plaine de la Bahira, une étude a été entreprise, elle est basée sur les données de 8 piézomètres et 5 stations climatiques s'étendant sur une trentaine d'années ainsi que les données des travaux antérieurs. Les résultats préliminaires obtenus montrent que le changement climatique a un impact non négligeable sur la baisse des niveaux d'eaux souterraines.

Mots clés : Plaine de la Bahira, nappe phréatique, changement climatique, Maroc.

Caractérisation de l'enneigement dans les bassins versants du Haut Atlas et Impacts du changement climatique

M. Marchane¹, L. Hanich¹, V. Simoneaux², A. Boudhar³ et L. Jarlan²

1 Faculté des Sciences et Techniques Guéliz, département des sciences de la terre, Laboratoire de Géoresources (URAC 42), Université Cadi Ayyad, Boulevard Moulay Abdellah, BP 2390, Marrakech, Morocco

2 Centre d'Etudes Spatiales de la Biosphère, Bpi 2801, 18 avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse Cedex 9, France

3 Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 523, Béni-Mellal, Maroc.

Résumé

L'enneigement est un paramètre fondamental du cycle hydrologique de la terre. Le manteau neigeux constitue un stock d'eau pour le printemps et l'été, et son évolution peut également être considérée comme un indicateur des changements environnementaux. Dans ce travail, nous avons caractérisé la variabilité interannuelle de l'enneigement sur les bassins versant du Haut Atlas marocain à partir des produits journaliers de couverture neigeuse MOD10A1 acquis par l'instrument MODIS. Dans un premier temps, nous avons caractérisé la variabilité interannuelle à l'aide d'indicateurs saisonniers : enneigement maximum et moyen et date des premières neiges pour chaque bassin versant. Dans un deuxième temps, nous avons étudié les impacts possibles du changement climatique sur le ruissellement au niveau des bassins du Haut-Atlas à l'aide d'un ensemble de modèles climatiques régionaux issus du programme Med-CORDEX.

Dans cet objectif, nous avons mis en évidence une forte variabilité inter et intra-annuelle à la fois en terme de surface enneigée maximum et totale qu'en terme de distribution des événements et de durée de la saison. En d'autres termes, le forçage du modèle hydrologique (GR2M-neige) à partir des scénarios climatiques considérés révèle que les écoulements devraient continuer à diminuer d'ici la fin du 21ème siècle dans les trois sous bassin atlasique étudiés.

Mots clés : Neige, MODIS, modèle climatique, modélisation

Vulnérabilité & Adaptation au Changement Climatique des Ressources en Eau et des secteurs socio-économiques clés du Maroc

Mohamed Sinan

Professeur de l'Enseignement Supérieur à l'Ecole Hassania des Travaux Publics

Chef du Département Hydraulique, Environnement et Climat

Membre de l'Académie de l'Eau de France

Expert en Ressources en eau et en en Changement Climatique

Résumé

Cette communication présente les résultats des différentes projections du climat et des ressources en eau du Maroc aux horizons 2020, 2050 et 2080. Elles sont basées sur les scénarios d'émission des gaz à effet de serre retenus par le 5ème rapport du GIEC (2013) et ont été effectuées dans le cadre de la préparation de la 3ème Communication Nationale du Maroc sur le Changement Climatique (juin 2016).

Impacts du CC sur le Climat du Maroc

- Tendance globale à la baisse des cumuls annuels des précipitations variant en moyenne entre 10 % et 30 % selon le scénario retenu et la région considérée ;
- Tendance à la hausse des températures moyennes annuelles variant en moyenne entre 2 et 5°C selon le scénario retenu et la région considérée.

Impacts sur les ressources en eau

- Tendance à la baisse du volume des ressources en eau variant entre 7,6 % et 40,6 % ;
- Baisse importante du capital eau/an/habitant, devant engendrer une situation de pénurie d'eau à l'horizon 2030 ;
- Augmentation de la demande en eau (notamment en irrigation) ;
- Aggravation de la surexploitation des nappes d'eau souterraine ;
- Remontée du niveau de la mer et une augmentation de la salinité des nappes côtières par invasion des eaux marines ;
-
- Autres impacts :
- Hydro-électricité ;
- Agriculture ;
- Littoral ;
- Forêt ;
- Biodiversité
-

Plusieurs mesures d'adaptation au changement climatique (mises en œuvre ou programmées par le Maroc) du secteur de l'eau et des autres secteurs socio-économiques clés sont également présentées dans le cadre de cette communication.

Mise en place d'un « contrat de nappe » des ressources en eau souterraine du système aquifère du moyen atlas – saïss

Wissal BAITE^a, A. BOUKDIR^b, V. R. EKOUELE MBAKI^c, A. ZITOUNT^d, E. SABRI^e, E. BENS-
SAID^f, H. IKHMERDI^g, L. ALILI^h

Laboratoire de la Génie industriel, Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, Béni Mellal, Maroc
a:wissalgat@gmail.com, b:ahboukdir@yahoo.fr, c: ekouele_2@yahoo.fr d: abdelhamidgat@gmail.com, e:sabir.elmouatassime@gmail.com,
f: hbensaid40@gmail.com, g:ikhmerdi@gmail.com, h:aliligeomatique@gmail.com.

Résumé

L'eau joue un rôle déterminant dans la vie des hommes, des animaux et des plantes. L'augmentation inquiétante de la pollution et de la surexploitation des réserves d'eau potable implique la nécessité d'une réorientation radicale concernant la gestion de notre environnement en général, et les ressources en eau en particulier.

Les aquifères du Saïss avaient une tendance relativement stable jusqu'au début des années quatre-vingt. Depuis lors, et jusqu'à 2007, le niveau piézométrique a accusé une baisse atteignant 10 m dans la nappe phréatique et 60 m dans la nappe profonde. Annuellement, la nappe du bassin Fès-Meknès enregistre un déficit annuel de l'ordre de 100 Mm³/an. Il en est de même des eaux superficielles pour lesquelles le débit global a chuté de 19 m³/s à 6 m³/s, soit une diminution de 70 % entre 1980 et 2007 avec le tarissement complet de plus de 20 sources (ABHS, Avril 2009).

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre d'une politique décentralisée de gestion de l'eau en harmonie avec les orientations nationales, qui visent l'intégration et l'implication de l'ensemble des acteurs régionaux et locaux. Les objectifs de cette étude se rapportent essentiellement à l'examen de l'état des lieux actuel de la nappe du bassin Fès-Meknès, la tendance future pour chaque type d'utilisation, et engager une réflexion auprès de tous les intervenants pour la mise en place d'une convention ou « contrat de nappe », visant une gestion participative et durable des ressources en eau souterraines au niveau du bassin Fès-Meknès pour garantir un développement durable.

Le plan d'actions proposé est basé sur des axes stratégiques principaux, à savoir, la gestion de l'offre, la gestion de la demande, le renforcement des capacités et les mesures institutionnelles et juridiques, tout en prenant en compte les projets et stratégies en cours.

Impact des changements climatiques sur la nappe du Haouz Occidental et la plaine de Mejjate

I.CHOUIKRI¹, A.EI MANDOUR¹, S.SEFIANI¹, D.CHAFOUQ¹, M.KERROUM¹

1 : Laboratoire Géostructures, géomatériaux et ressources hydriques (GEOHYD), Département des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences Samlalia, BP 2390 Marrakech, (Maroc). Ibtissam312@gmail.com

Résumé

Les ressources hydriques dont dispose le Maroc sont limitées, car elles sont soumises généralement aux variations climatiques et anthropiques qui pourraient avoir des conséquences importantes sur les ressources en eaux. La zone du Haouz Occidental et la plaine de Mejjate n'est pas une exception ou les eaux superficielles sont plus affectées par ces variations, ce qui influence directement sur l'irrigation et l'eau potable dans la zone.

La région étudiée est caractérisée par un climat semi aride avec des précipitations moyennes annuelles de l'ordre 300 mm/an. Elle est formée par deux types de réservoirs aquifères important qui sont: la nappe libre, qui est très répondeur sur la totalité du Haouz occidental et la nappe profonde qui est très localisée au niveau de la plaine de Mejjate. Cette étude est basée sur les données des stations climatiques, le suivi des piézomètres allant de 1960-2014, les données des forages et les données collectées à partir des missions de terrain.

L'analyse des différentes données a montré des baisses moyennes annuelles importantes du niveau piézométrique de la nappe allant de 0,4 m/an à 5 m/an par conséquent une diminution des débits des sources, et des khattaras qui sont devenues sèches. Pour cela, un support cartographique basé sur un système d'information géographique (SIG) a été établi pour la bonne gestion des ressources en eau de la plaine du Haouz Occidental et la plaine de Mejjate.

Mots clés: changements climatiques, Haouz Occidental et plaine de Mejjate, sources et Khettaras.

Problematic of present recharge in semi-arid countries: An example from the South Morocco Basin

B. OUDA¹, H. MARAH¹; M. Qurtobi¹, K. MOKADEM², N. ZINE³, M. FILALI³, A. LAHMOURI³; J. MUDRY⁴

¹National Center for Energy, Nuclear Sciences and Technology, Morocco

²Regional Direction Ziz-Rheris-Guir/Errachidia Basin, Morocco bouchra_ouda@yahoo.frouda@cnesten.org.ma

³Direction General for Water, Morocco

⁴ChronoUMREnvironnement, CNRS-University Franche-Comte, France

Abstract

In the south part of Morocco, the low population could survive with scarce water resources (Ali AGoumi & Abdelhafid Debbagh 2006). In the last decades, the natural increase of population and the starting of tourism in beautiful and unspoiled areas, induced to investigate new resources and rural development programs based on borehole drillings. The main questions addressed to scientists and also to decision makers; May we exploit them without detriment with the present rhythm? When these aquifers have undergone their last recharge? To answer these questions, classical hydrogeological methods based on piezometry measure and hydrological balance are not relevant, because the aquifers are discontinuous, by Tectonic deformations and fault in different directions, and because the calculations of the current climatic conditions lead to a null recharge. The Errachidia and Maïdère basins which located in the Saharian part of Morocco are limited by Haut-Atlas and Anti-Atlas Mountains. The Climate is arid and sub-desert due to its distance from the marine environment. Rain of the basins is moved under the wind from the SW, especially when the cyclone is in position on the western Atlantic Ocean. The potential evaporation is important; it can vary from 1700 to 2200 mm/year (Agency report of hydraulic, 1993). Lithological formations outcropping in the basin are divided into compartments by major faults. This fault network helped to generate aquifers compartments with lateral hydraulic discontinuity [Combe M., Ruhard J-P., Yacoub M., 1997], which makes very difficult the application of the methods founded to the piezometric measures and it remains difficult to understand the Hydrodynamic functioning in fractured rocks aquifers (Oxtobee and ovakowski, 2002; cook & all., 2006 in Titia Praamsma & all. 2009). Geochemical and isotopic study has been undertaken in order to better understanding the hydrodynamic functioning of the fractured rocks aquifers and to determinate the CO₂ gaz origin. The isotopic tracing carried out on the water inventoried in the basin of South of Morocco has been given interesting results which must be taken into account for any optimal management of water resources in the long-term.

Key Words: Stables Isotopes, tritium, Carbon-14, Geochemical, Groundwater recharge

Gestion des ressources en eau du système aquifère du Sahel-Doukkala : Modélisation hydrodynamique et vulnérabilité à l'intrusion marine

Yassine ECHELFI¹, Bouabid EL MANSOURI², Abderrahim EL ACHHEB¹, & Soufiane EL MALIKI¹

¹ echelfiyassine@gmail.com , Faculté des Sciences/Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Maroc.

² b_elmansouri@yahoo.fr , Faculté des Sciences/Université Ibn Tofaïl, Kénitra, Maroc.

Résumé

Le système aquifère de Sahel Doukkala, s'étend sur la bande littorale entre les villes d'El Jadida et Oualidia. Il constitue une ressource vitale pour le développement social et économique de cette région côtière. Ce système a connu, au cours de la dernière décennie des prélèvements anarchiques et non rationnels, engendrant la surexploitation de cette nappe et entraînant ainsi la rupture de l'équilibre hydrodynamique et risque à terme de causer un déficit du bilan de la nappe et déclencher une dégradation de la qualité de l'eau douce par intrusion marine.

Dans la démarche de diagnostic et l'évaluation détaillée des impacts de l'intrusion marine et l'impact des activités anthropiques, notamment la salinisation des aquifères côtiers qui présentent des risques hydrogéologiques majeurs touchant les régions littorales et qui intègre son degré d'hétérogénéité, ses propriétés géologiques et hydrogéologiques et de l'existence de l'interface eau douce – eau salée. Ce travail a pour objectif d'élaborer et valider des outils numériques de gestion qualitative et quantitative des ressources en eau du système aquifère de Sahel Doukkala, par la modélisation hydrogéologique et la cartographie de la vulnérabilité en appliquant des outils de SIG,

La modélisation hydrodynamique de l'aquifère a été établie par le logiciel Groundwater Modeling System (GMS) en utilisant le code MODFLOW. Le calage du modèle a permis de comprendre le fonctionnement hydrodynamique en estimant l'échange latéral avec l'océan Atlantique, et d'affiner la distribution spatiale de la perméabilité sur l'ensemble du domaine d'étude. L'établissement de la carte de vulnérabilité à l'intrusion marine par la méthode GALDIT nous a permis d'avoir une idée spatiale sur le degré de contamination des eaux souterraines par les eaux de mer.

Mots-Clés- Sahel-Doukkala, Modélisation, Vulnérabilité, Intrusion marine, GALDIT, MODFLOW,

Surface area change detection of the Aguelmam Sidi Ali Lake in the Middle Atlas of Morocco, using water indices: an empirical analysis using Landsat TM and OLI data

F. MENJOUR, F. AMRAOUI & T. REMMAL

Laboratoire de Géosciences Appliquées à l'Ingénierie de l'Aménagement, University Hassan II - Faculty of Sciences Casablanca. Km 8 Route d'El Jadida, 20190, Casablanca, Morocco
Email: f.menjour@yahoo.com

Abstract

The Lake Aguelmam Sidi Ali is an endorheic depression located in the volcano-karst environment of the Middle Atlas known as "Morocco's water tower". At an altitude of 2078 m, this permanent depression of about 44m depth is mostly fed by karst springs and meteoric runoff waters and some intermittent streams.

The regular observations for more than ten years from the lake's banks has found that a very sensitive withdrawal of their level of submersion during the dry years. This study modeled the spatiotemporal changes of Lake Aguelmam Sidi Ali in the period 1985–2015 using the multi-temporal Landsat 5-TM and 8-OLI images. In doing so, the applicability of different satellite-derived indexes including Normalized Difference Water Index (NDWI), Modified NDWI (MNDWI) and Water Ratio Index (WRI) were investigated for the extraction of surface water from Landsat data. The Overall Accuracy and Kappa Coefficient were calculated to assess the accuracy of the results showing that the MNDWI was found superior to WRI index and hence it was used to model the spatiotemporal changes of the lake.

The results indicate a direct relationship between the importance of the meteoric waters intakes (rain and snow) with the extent of the lake. As well, the dry period 1985-1995 recorded a strong tendency towards the reduction of the size of the Lake, but in the wet period 1995-2015 shows a progressive increasing trend of the level of reference covering about one third of its surface.

Keywords: Aguelmam Sidi Ali Lak, water Index, spatiotemporal changes.

La surexploitation des nappes souterraines au Maroc : cas de la nappe de Berrechid

M. SLIMANI

Ingénieur Hydrogéologue à l'Agence du Bassin Hydraulique de Bouregreg et de la Chaouia, Address : Quartier administratif, route de Casablanca (RR305), BP 262, Benslimane 13000 – Maroc,
e-mail : slimani.mohammad@gmail.com

Résumé

La surexploitation des nappes à l'échelle nationale est devenue une réalité vécue au quotidien. Une telle situation de plus en plus aggravée par les effets des changements climatiques avec des apports de recharge des eaux souterraines de moins en moins et une évaporation qui prend de plus en plus d'ampleur. La plaine de la Chaouia à travers la nappe de Berrechid ne fait pas exception à cette situation.

La nappe de Berrechid, d'une superficie voisine de 1500 km², au Sud de Casablanca, constitue la nappe d'eau souterraine la plus importante au niveau de la zone atlantique entre Rabat et Settat.

Il s'agit d'une dépression dans le socle primaire dans laquelle sont déposées des formations triasique (argiles et basaltes), surmontées par des marno-calcaires du Crétacé, sur lesquels se sont déposées des formations Plio-Quaternaires composées de calcaires, sables, grès et limons.

Le bilan de la nappe montre un déficit annuel important (39 Mm³/an), soit l'équivalent d'une baisse annuelle du niveau piézométrique d'environ 1m.

La zone englobe un ensemble de bassins endoréiques constituant une source importante d'alimentation de la nappe à travers l'épandage des eaux. Dernièrement, et en réponse aux problèmes d'inondation imposés par les effets des changements climatiques, des barrages ont été construits sur les différents oueds pour la protection de la plaine. Les eaux de ces barrages sont destinées à la recharge artificielle de la nappe dans le but d'en soutenir le niveau piézométrique.

Pour faire face à cette situation de plus en plus préoccupante, l'Agence du Bassin Hydraulique de Bouregreg et de la Chaouia, en tant que gestionnaire de la nappe, et en collaboration avec les différents intervenants et usagers de l'eau souterraine, a mis en place plusieurs actions, commençant par la réutilisation des eaux usées traitées dans l'agriculture, passant par la recharge artificielle de la nappe et la mise en place d'un périmètre de sauvegarde autour de la nappe pour aboutir à la mise en place d'un contrat de nappe entre tous les intervenants.

Mots clés : Changement climatiques, surexploitation des nappes, Recharge artificielle, Réutilisation des eaux usées traitées, Périmètre de sauvegarde de la nappe, contrat de nappe.

Use of HBV Model for the Hydrological modeling of Tsiknias River, Greece

Bouadila A.^{1,*}, Benaabidate L.¹, Tzoraki O.², Dietrich J.³

¹Laboratory of Georesources and Environment, Faculty of Sciences and Techniques, USMBA, Fez – Morocco

²Department of Marine Sciences, University of the Aegean, Lesvos, Greece.

³Faculty of Civil Engineering and Geodetic Science of the Leibniz University of Hannover, Germany.

*Email: bouadilamounaim@gmail.com

Abstract

The Mediterranean typical climate regime is characterized by dry and hot summers, and also humid and cold winters. At certain times of the year, the climate is marked by torrential rain sudden with high water flow rates, therefore, heavy flooding, and also during the year a sharp hydroclimatic fluctuation is observed as a result of a semi-arid climate.

The hydrological regime of a small insular watershed Tsiknias (91.3 km²) of a volcanic island (Lesvos, Greece) has been studied in order to quantify the runoff and its vulnerability to climate change. In this paper for runoff simulation of Tsiknias River, a conceptual rainfall-runoff model HBV (hydrologiskabyransvattenavdelning) was used. HBV model was firstly developed by the Swedish meteorological and hydrological center in 1976. This model simulates the continuous runoff as well as single flood event of a basin. Hourly flow data from the telemetric gauging station of Agia Paraskevi (Prini Bridge, 39°15'10.1" N; 26°15'04.8" E) were used to calibrate the model. Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) is the criterion used to estimate the model performance. Good closure between the modeled and simulated flow values is observed (0.66 NSE). Tsiknias River flows during the winter period from November to April with an average flow of 2.01 m³/s. The maximum flow is observed during the high rainfall events. For instance, in February of 2015 (24/02/2015) the major flood event of the hydrologic year is measured with a flood peak of 194.84 m³/s and 110 hours' duration, originated by a 49.2mm precipitation height. The next step was the use of the historical meteorological time-series (Agia Paraskevi) (1955 up today) to simulate the streamflow with a daily time step (model performance 0.50 NSE). The model captures very well the low-flow conditions, but underestimates high flood events.

Keywords: Hydrologic models, HBV, streamflow, floods, intermittent flow, temporary River.

Plaine du Haouz : Géométrie, conditions aux limites et Fonctionnement hydrogéologique. Bassin de Tensift. Maroc central

A. ELMANDOUR¹, I. CHOUKRI¹, S. ROCHDANE¹, M. KARROUM¹, M. Jeffal² M. Y. Fakir¹ ELGETTAFI³, M. HIMI^{4et 5}, and A. CASAS⁵

¹ : Laboratoire GEOHYD, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc. a.elmandour@uca.ac.ma

² : Faculté des Sciences et Technique, Université Cadi Ayyad. Marrakech

³ : Faculté Pluridisciplinaire de Nador, Université Mohammed Premier, Maroc.

⁴ : Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Al Hoceima, Université Mohammed Premier, Maroc.

⁵ : Faculté de Géologie, Université de Barcelone Marti et Franques, SN.08028.Barcelone, Espagne.

Résumé

L'analyse des données géologiques, hydrogéologiques et géophysiques montre que la plaine du Haouz (6000Km²) est un bassin subsident de direction E-W formé d'un grand synclinal entre le chaîne du Haut Atlas et le massif des Jebilet. Les horsts de Marmouta, de Guemassa, et la faille N70 au sud de Tamelalte divisent la plaine du Haouz en plusieurs parties. Dans la partie Sud, le synclinal est très subsident montrant plusieurs formations allant des schistes du Paléozoïque aux alluvions du Quaternaire. Par contre dans la partie Nord, le synclinal est moins développé et il n'est formé que par des poudingues d'âge mio-pliocène et/ou des alluvions quaternaires.

La carte gravimétrique établie souligne des anomalies positives au niveau de la remontée du socle et des anomalies négatives au niveau des bassins subsidents. L'anomalie positive dans la partie orientale du Haouz montre la ligne de partage des eaux souterraines et de surfaces entre le bassin de Tensift et le bassin d'Oum Er Rbia, alors que l'anomalie négative dans la partie occidentale montre la continuité entre la plaine de Mejjate (Haouz occidental) et la plaine d'Oulad Bou Sbaa.

Sur le plan hydrogéologique, la géométrie des réservoirs et les circulations des eaux souterraines sont très contrôlées par la géologie. Au niveau du Haouz occidental, la partie sud de la plaine entre l'anticlinal de Marmouta et le piémont du Haut-Atlas montre deux nappes superposées, la nappe libre logée dans les formations épaisses du Quaternaire et du Mio-pliocène et la nappe profonde captive logée dans les calcaires dolomitiques du Cénomano-Turonien. Cette nappe profonde captive est alimentée au niveau du flanc Nord du Haut-Atlas à travers les affleurements du Turonien à morphologie karstique et son exutoire est formé par la source d'Abainou avec un débit qui varie entre 300 et 600 l/s.

Suite à la forte demande des eaux dans différents secteurs (agriculture, le tourisme et l'alimentation en eau potable) la surexploitation de la nappe superficielle et l'irrégularité des précipitations (climat semi-aride) l'eau souterraine est en voie d'épuisement dans la partie nord du Haouz. La région de Tamelalte, SidZiouine, au nord de Guemassa et au nord de l'anticlinal de Marmouta montre une baisse très importante du niveau de la nappe et un épuisement et assèchement du réservoir supérieur quaternaire. Dans ces régions actuellement l'eau circule soit dans les schistes altérés du paléozoïque soit dans les niveaux poudingues du Mio-pliocène. Ces deux niveaux montrent des paramètres hydrodynamiques assez médiocres (transmissivités variant entre 10⁻⁵ à 10⁻⁶ m²/s).

Identifying areas sensitive for flooding in a coastal ungauged watershed

Joumar N.^{1,*}, Benaabidate L.¹, Kontogeorgos Y.², Tzoraki O.², Velegrakis A.²

¹Laboratory of Georesources and Environment, Faculty of Sciences and Techniques, USMBA, Fez – Morocco

²Department of Marines Sciences, University of the Aegean, Lesvos, Greece.

*Email: joumarnada@gmail.com

Abstract

Flood risk analysis and management is a mandatory process for streams vulnerable to floods according to the Flood Directive (2007/60/EE). Flood analysis of coastal ungauged intermittent flow rivers needs the development of new methodologies to overcome the data gap. SWAT(Soil and Water Assessment Tool) hydrological model is used to simulate the runoff of Yiofiros River (Crete, Greece), which appears similar geological and hydromorphological characteristics in relation to its neighbor ungauged studied watershed (Xeropotamos River). Xeropotamos river is flowing out into one of the most touristic beaches of Crete (Amoudara beach) and has experienced hazardous floods in the past (1994).

The results for SWAT model calibration for the period (1978-1984) are satisfactory related to the quantitative criteria, i.e. Nash-Sutcliffe efficiency coefficient (0.5). Also a quite good agreement is achieved in the model accuracy with the observed data, based on qualitative criteria. The validation period was defined from 1995-1996 to evaluate the model performance and a satisfactory closure between simulated and observed flow of a daily time step is obtained. The model parameters values were determined for the gauged watershed (Yiofiros river) and then were used for the simulation of the ungauged watershed (Xeropotamos river) (1960-2011). The watershed areas sensitive to flooding were identified.

Gumbel and log Pearson III distribution were used to predict the return period of extreme events for the simulated flow of Xeropotamos River. The log Pearson III predicts higher floods in higher values of the return period in comparison to the Gumbel. For example, for the return period of 100 years, the log Pearson III predicts 38.9 m³/s but for the Gumbel distribution predicts 34.2 m³/s. In order to validate the model results, the records of a coastal video system (2013-14) operating in the Amoudara beach were used to determine the serious floods causing the formation of river plume mixing in Xeropotamos estuary. The beach was monitored in high spatio-temporal resolution, using all available hourly TIMEX image mosaics (91430 mosaics) between the 1st January 2014 and the 5th of November 2014. The density of river plumes was determined and correlated to the flood frequency and to the precipitation records, validating the flood areas and the frequency of extreme simulated floods.

Keywords: SWAT model; intermittent flow; ungauged river; flood distribution.

Protection des eaux souterraines des drainages miniers acides liés aux rejets miniers : cas de la mine abandonnée de Kettara (Région de Marrakech, Maroc)

A. Kchikach¹, R. Hakkou², M. Lghoul¹

¹Laboratoire L3G, Equipe de recherche Génie Civil et Géo-Ingénierie, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc

²Laboratoire de Chimie des Matériaux et de l'Environnement, Université Cadi Ayyad-. Marrakech

Coordonnées du principal auteur : kchikach@gmail.com, a.kchikach@uca.ac.ma,

Tél. : 06 61 35 36 10 et Fax : 05 24 43 31 70

Résumé

Les rejets sulfurés issus des extractions minières constituent une réelle source de pollution pour l'écosystème local en particulier à cause du Drainage Minier Acide (DMA) vers les eaux de surface et de la nappe phréatique. Les rejets de la mine abandonnée de Kettara, située à 30 km au Nord-Nord-Ouest de Marrakech, sont directement entreposés sur un substratum schisto-gréseux fracturé sur une superficie d'environ 16 ha. Les analyses physico-chimiques des eaux souterraines montrent qu'elles sont enrichies par les sulfates, le calcium, le magnésium et certains métaux lourds. Le processus d'évaporation-dissolution est responsable des variations de concentrations en éléments majeurs au niveau des eaux souterraines.

Le projet de réhabilitation du site minier de Kettara prévoit dans l'un de ses axes de minimiser l'effet DMA par neutralisation à l'aide de dépôts stériles riches en carbonates issus de l'extraction des phosphates de la mine de Youssoufia voisine. Ces derniers seront utilisés à la fois comme amendement des rejets miniers acides et comme couverture évapo-transpirante (barrière capillaire).

Les levés géophysiques réalisés ont permis d'imager la structure interne du parc à rejets miniers et d'estimer leur volume à 462 400 m³. Les résultats obtenus ont mis en évidence la présence, par endroits, de couloirs fracturés qui constituent des drains privilégiés pour le transfert du DMA vers les eaux souterraines.

Le modèle hydrodynamique et de transport de DMA a été élaboré en se basant sur une approche inverse et sur la démarche du modèle équivalent continu. Les résultats des simulations du transport du DMA en cas de réhabilitation du site, ont montré que la pollution diminue d'une façon significative et à long terme. Nous proposons dans cette communication de discuter de l'intérêt de l'approche multidisciplinaire pour appréhender la pollution des eaux souterraines dans le voisinage immédiat des zones à activités minières.

Caractérisation géologique, hydrogéologique et hydro-chimique du Haouz Central et des gisements de Drâa Sfar et de Guemassa. Maroc Occidental

RMIKI, A., EL ACHHEB, A. & ENNIH, N.

Laboratoire Géosciences et Techniques de l'Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences. Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Maroc ; amina.rmiki@gmail.com

Résumé

Le massif des Jebilet est l'un des massifs paléozoïques dont le potentiel métallogénique est très important caractérisé par l'abondance de ses types de minéralisations en relation avec une histoire varisque continue et complexe. Les Jebilet situés au Nord de la ville de Marrakech forment un ensemble de collines et de plaines rocheuses de terrains paléozoïques, plissés, métamorphisés et allongées selon une direction atlasique E-W sur une longueur d'environ de 170 Km et de 7 à 40 Km de large. Les îlots hercyniens des Jebilet plongent sous la plaine de la Bahira au Nord et la plaine Miopliocène et Quaternaire du Haouz au Sud.

La plaine du Haouz s'étend sur une superficie de 6000 km², avec une topographie plane et monotone. Elle est limitée au nord par le massif hercynien des Jebilet, au sud par la chaîne du Haut-Atlas, à l'Est par les premiers versants du moyen Atlas et par le plateau d'Ouled Boussebâa (plaine de Sidi Mokhtar) à l'Ouest.

Le Haouz central s'étend sur une large partie du Haouz de Marrakech et s'étend entre les Oueds Rdat et Nfis sur une superficie de 2300 km². Il est représenté par les terrains Jurassique, Crétacé et Quaternaire au sud de la plaine qui constitue un réservoir superficiel de ressources en eau de grande importance économique et sociale.

Les mines de Drâa Sfar et de Guemassa sont deux gisements de types VMS enracinés dans le Haouz Central. Les formations sont d'âge paléozoïque à caractère volcano-sédimentaires. Des analyses préliminaires ont montré l'enregistrement d'une forte salinité aux alentours du district « Draa Sfar », d'où la nécessité de déterminer les relations qui peuvent exister entre les différentes composantes et les comparer avec un autre district du même type « Hajjar ».

Ce travail est une caractérisation géologique, hydrogéologique et hydro-chimique de la zone d'étude. La profondeur de la nappe phréatique varie entre 5.5m en aval à 92 m en amont avec un écoulement allant du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

L'analyse physico-chimique a montré une minéralisation moyenne de 483µS/cm corrélées positivement avec les teneurs en chlorures, sodium, calcium et sulfates. Les eaux souterraines renferment une variété de faciès hydro-chimiques, on parle de faciès chloruré sodique, chloruré calcique, bicarbonaté sodique et bicarbonaté calcique.

Mots clés : Hydrogéologie, Hydrochimie, Salinité, Jebilet, Haouz central, Drâa Sfar, Guemassa.

Elaboration d'une carte d'évaluation des changements bathymétriques d'un barrage dans le haut atlas Marocain de Marrakech via application des SIG

Amal MARKHI¹, Nour-Eddine LAFTOUHI¹, Abderrahmane SOULAIMANI¹ & Abdelhamid FADIL²

¹GEOHYD Laboratory, Geology Department, BP. 2390 Marrakech 40000 Morocco

²Geosciences Laboratory, Faculty of Sciences-Ain Chock, Hassan II University, Casablanca, Morocco

Résumé

Le Maroc, caractérisé par un climat semi-aride, est menacé par l'érosion des sols qui provoque l'augmentation du transport solide et l'envasement croissant des barrages. Les besoins croissants en eau nécessitent une mobilisation des eaux de surface. La construction des barrages, menacés par un envasement précoce, nécessite une exploitation rationnelle, moyennant des outils d'aide à la quantification et à la prédiction des dépôts de sédiments. Ainsi, le comblement des retenues peut être simulé pour différentes périodes d'exploitation. La maîtrise du processus transport-dépôt des sédiments, constitue un centre d'intérêt vers lequel convergent plusieurs approches. L'utilisation du Système d'Information Géographique (SIG) constitue une nouvelle approche pour la spatialisation de l'information et la mise à jour des travaux de cartographie, en vue d'aide à la prise de décision, notamment en matière de gestion et d'aménagement des barrages et des bassins versants. Cet intérêt s'inscrit également dans le cadre de besoin en cartes récentes et à précision fine, de façon qu'elles soient opérationnelles dans de nombreux secteurs: domaine de recherche, professionnel ou d'aménagement. La carte de bathymétrie a toujours une importance directe dans le domaine de l'hydrologie des plans d'eau. En ce sens qu'elle permet d'avoir une perception globale sur les différentes composantes du barrage. Ce travail a été basé sur des données de type tridimensionnel (x, y, z), en l'occurrence: longitude, latitude et profondeur à partir des données de l'année 2012 à 2015 qui ont été utilisés pour déterminer les changements et les variations de la vase et la capacité de stockage du réservoir. La Carte constitue un élément d'appui indispensable pour le chercheur dans ses études spatiales des barrages et de l'environnement. Aussi, la carte de bathymétrie peut jouer un rôle considérable dans l'aménagement des ressources en eau, c'est le cas du barrage lala Takerkoust qui est connu par l'augmentation du taux de l'envasement, ce qui pose un problème critique dans la gestion des ressources.

Mots Clé: SIG, Carte bathymétrique, Envasement du barrage, Sédimentation

Les ressources en eau des oasis du Tafilalet et ses régions limitrophes face aux changements climatiques : Potentialités et modes de gestion

Mohamed HILALI

Equipe de Génie des Mines, de l'Eau, et de l'Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques d'Errachidia.
Email : hilali2@hotmail.com

Les oasis du Tafilalet et ses régions limitrophes se situent au Sud-Est du Maroc. Elles s'étendent sur une superficie d'environ 68 500 km²), et sont dominées par les bassins versants du Guir, Ziz, Rhéris et Maïder. La pluviométrie moyenne annuelle peut atteindre 250 mm sur les sommets des sous-bassins amont, elle passe à près de 50 mm dans les zones sahariennes plus au Sud. La pluie mensuelle se caractérise par un régime pluviométrique très variable d'une année à l'autre. Cependant, d'une année à l'autre, le déficit pluviométrique peut atteindre 90%, entraînant ainsi un tarissement rapide des ressources en eau.

Les caractéristiques morphologiques d'un bassin versant influencent sa réponse hydrologique, et notamment le régime des écoulements en période de crue ou d'étiage. Plus particulièrement, l'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. Le Tafilalet et ses régions limitrophes ont connu un certain nombre d'aménagements comme modes de gestion, en vue d'une meilleure maîtrise des ressources en eau. Les aménagements sont conçus dans le cadre d'une irrigation par dérivation des écoulements de l'oued par le biais de barrages de dérivations, d'une part pour les eaux superficielles et de la mobilisation des eaux de la nappe aquifère captée par un réseau de khetaras ou par des pompes d'autre part.

Les potentialités, en eau souterraine jouent un rôle primordial dans surtout en période de pénurie des eaux de surface. Ces ressources en eau circulant notamment dans les alluvions quaternaires, les calcaires, grès et sables crétacés du bassin d'Errachidia-Boudenib, les calcaires et dolomies jurassiques du Haut-Atlas et schistes, grès et calcaires primaires de l'Anti-Atlas. Face aux changements climatiques, les problèmes posés et les entraves au développement durable des ressources en eau dans le Tafilalet et ses régions limitrophes n'ont d'égal que son potentiel naturel. Plusieurs de ces problèmes sont dus à l'action anthropique et d'autres sont plutôt d'ordre naturel à savoir l'irrégularité spatio-temporelle des précipitations, les sécheresses récurrentes, les inondations, les surexploitations localisées, etc.

Les éléments d'ordre hydrogéologique montrent que des questions ont été clarifiées et que d'autres restent à éclaircir sur le plan des connaissances. Mais, il y a aussi d'autres éléments-clés qui devraient déterminer le choix des options de gestion des aquifères dans le Tafilalet et ses régions limitrophes. Il s'agit notamment des enjeux liés à l'intensification, voire à la surexploitation locale des nappes, qui sont bien réels : fort potentiel en terres collectives, bonne accessibilité des eaux et productivités élevées localement, etc. De ce fait, la mobilisation de réserves plus ou moins importantes est d'une importance primordiale pour la gestion des eaux dans les oasis du Tafilalet et ses régions limitrophes.

Mots clés : Tafilalet, ressources en eau, potentialités, modes de gestion.

Evaluation de la tendance des ressources en eau au Maroc par traitement des données GRACE

J.STITOU EL MESSARI ^a M. Ahmed ^b, M. Sultan ^c, M. R.Aoulad Mnsour^d

(a) Department of Geology, Faculty of science, UAE, Tetouan, Morocco. jstitou@uae.ma

(b) Department of Geosciences, Western Michigan University, 1903 West Michigan Avenue, Kalamazoo, MI 49008, USA

(c) Department of Geology, Faculty of Science, Suez Canal University, Ismailia 41522, Egypt

(d) Agence de bassin hydraulique de loukkos , Tétouan Maroc

Résumé

Des observations continues de la variation temporelle du champ de gravité terrestre sont récemment devenues disponibles à une résolution de quelques centaines de kilomètres. Le champ de gravité est un produit de distribution de masse de la terre. En effet ces données fournies par les satellites de la *Gravity Recovery et Climate Experiment* (GRACE) ont été utilisées pour étudier le changement de masse à l'intérieur de la terre et sa surface. Cette variation est due essentiellement à la variation cyclique du stockage de l'eau terrestre (TWS).

La tendance interannuelle du stockage de l'eau terrestre (TWS) au niveau du Maroc a été extraite de chaque mois (01/2003 – 09/2016) du Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE) en les corrélant dans un environnement [SIG], avec la télédétection temporelle pertinente, des ensembles de données géologiques et hydrologiques.

Les résultats montrent que le territoire marocain subit des variations de TWS statistiquement significatives (+ 9,44 mm/an à -1,9 mm/an) due à des causes naturelles et anthropiques. D'une part, l'irrégularité des pluies dans le temps et dans l'espace et leur tendance à la baisse a influencé directement ou indirectement le taux de renouvellement des eaux souterraines dans les différents domaines hydrologiques du Maroc. D'autre part, la surexploitation d'eaux souterraines a diminué le TWS dans certaines régions; en effet, et au cours des dernières décennies le niveau piézométrique de la plupart des nappes du pays et surtout celles du Haouz, Sais, Sous... a connu une baisse accrue.

Disponibilité en eau en milieu aride dans une conjoncture de changement climatique. Cas de la région de Chichaoua (Maroc)

HADRI Abdessamad & SAIDI Mohamed El Mehdi

Laboratoire de Géosciences et Environnement, Université Cadi Ayyad, Marrakech

Résumé

La zone d'étude, qui s'étend sur une superficie de 5193 Km², se situe à cheval entre les provinces d'El Haouz et de Chichaoua à une quarantaine de kilomètres de la ville de Marrakech. Ce secteur est composé de trois zones topographiques distinctes : une zone de montagnes du Haut Atlas, une zone de piémont et une zone de plaine. Les deux principaux cours d'eau de la zone d'étude sont l'oued Chichaoua et l'oued Assif ElMal. Ils prennent naissance dans le Haut Atlas occidental et sont souvent à sec ; leurs écoulements étant fonction du nombre et de l'importance des épisodes pluvieux. Les débits moyens annuels sont respectivement de l'ordre de 0,64 et 0,94 m³/s aux stations hydrométriques de Chichaoua et d'Ilojdane. Les maxima y ont été enregistrés en 1988/89 avec respectivement 4,72 et 3,71 m³/s et les minima moyens annuels n'étaient aux deux stations que de 0,01 et 0,02 m³/s en 1986/87.

Le réseau de suivi pluviométrique de la zone d'étude est composé de sept postes d'observation. Le suivi des précipitations journalières (ainsi que des débits instantanés) a démarré depuis les années 1971, 1975 et 1989 respectivement pour les stations principales de Chichaoua, Ilojdane et Sidi Bouathmane. Le réseau piézométrique englobe 15 piézomètres dont le suivi a débuté pour certains depuis l'année 1971. En terme de qualité du suivi, la base de données utilisée pour l'archivage des mesures, connaît certaines difficultés et contraintes liées aux dysfonctionnements du système, au manque de personnel qualifié et à la mise à jour des données. Au niveau de la station d'Ilojdane, la vérification et la critique des données de débits mensuels ont montré une certaine discordance entre ces débits et la pluviométrie enregistrée au niveau de la même station pendant la période 2000 à 2009. La comparaison de la série des débits de la station d'Ilojdane avec celle de la station Sidi Bouathmane qui contrôle un bassin versant similaire à celui d'Ilojdane montre l'existence d'une bonne corrélation entre les séries hydrologiques des deux stations. La discordance remarquée entre les débits et la pluviométrie peut être due aux prélèvements au fil de l'eau au niveau de l'oued Seksaoua pratiqués à l'amont de la station d'Ilojdane. Des périmètres irrigués d'environ 1071 hectares existent à l'amont de cette station et peuvent absorber un débit d'environ 0,2 m³/s avant d'atteindre la station d'Ilojdane.

Les baisses annuelles moyennes de la nappe enregistrées au niveau des piézomètres ont varié de 0,7 m/an à 4,6 m/an. Pendant les dix dernières années, des baisses importantes du niveau de la nappe ont été enregistrées au niveau de quelques zones où se développent les extensions des périmètres irrigués, notamment dans la zone de Mejjate.

L'analyse et la combinaison des variations des différentes eaux du secteur, atmosphérique, superficielle et souterraines, aboutira à un système d'information qui aiderait dans la mise en place d'une bonne gestion de ces ressources en eau.

Mise en place des barrages de rétention des eaux pluviales aux périphériques urbains pour une valorisation durable, et une préservation sage de l'infrastructure

**M. ARABI ; M.ABDERRAHMANI ; J.JOUID ; L.MECHRIRROU ; H.DERFOUFI ;
A.BOUDCHICHE, H.BOUTOUBA ; C.ELHAMMOUTI ; N.BOUKRARA.**

Association YESGREEN MAROC

Résumé

Comme toutes les villes Marocaines à infrastructures moyennes, la ville d'Oujda est menacée par les inondations dues à la fois aux changements climatiques et au manque d'infrastructure solide et durable, ce qui rend la situation alarmante et déclenche la sonnette d'alarme. En effet, une approche d'atténuation par l'adoption des barrages de rétention s'est avérée une solution très pratique pour recueillir l'eau de pluie aux niveau des périphériques urbains et ce dans le but de l'utiliser pour l'arrosage des espaces verts ainsi que des unités industrielles à grande consommation d'eau, sans négliger le côté environnemental comme la protection du sol contre l'érosion et l'atténuation de la sévérité des changements climatiques d'ici les années à venir.

Le projet prend en considération le côté social et économique de la ville, afin d'assurer le développement durable avec toutes ses dimensions économiques, écologiques et sociales, et ce, par la garantie de la réduction des dégâts engendrés par ces catastrophes.

La présente initiative vise l'implication des acteurs économiques, de décisions scientifiques et administratives, dans la réussite des objectifs attendus, sous la direction de l'association *YES GREEN Maroc*, qui s'engage depuis sans naissance pour assurer une optimisation en besoins et en production. Par des actions écologiques et durables.

Mots clés : Ecologie, Développement durable, changement climatiques, inondation, valorisation, atténuation, barrages.

Thème 4 : Sols et couvert forestier: état et conséquences

Effets des pratiques agro-écologiques sur le potentiel séquestrant du carbone dans les sols sous climat aride

Aicha ROCHDI*¹, Hafsa HOUMAIRI², Yassine BOUSLIHIM¹, Majda LAKHAILI, Asame KOUIDER, & Boujemaa GUERLAN³

¹ UH 1^{er}, FST - Settât, Laboratoire des Energies Renouvelables et du Développement Durable.

*aicha.rochdi@uhp.ac.ma Auteur à correspondre

² UH 1^{er}, FST - Settât, Laboratoire Agroalimentaire et Santé

³ Responsable de la ferme pédagogique CIPA, Terre et Humanisme Maroc, Skoura, gueghlan.boujemaa@yahoo.fr

Résumé

Le carbone ainsi fixé est retiré de l'atmosphère et séquestré dans le sol (~20% du CO₂ atmosphérique). Il a été démontré qu'une augmentation de 4 ‰ (0.4%) annuelle du stock de carbone dans les sols permettrait de stopper l'augmentation actuelle du CO₂ dans l'atmosphère. Ce taux de croissance n'est pas une cible normative pour chaque pays, mais vise à illustrer qu'une augmentation, même infime, du stock de carbone des sols est un levier majeur pour participer au respect de l'objectif de long terme de limiter la hausse des températures à +2°C.

L'usage des sols et les pratiques de production agricole jouent un rôle important dans le contrôle des stocks de carbones dans le sol. La mise en culture et l'utilisation de certaines techniques de production conventionnelle conduisent à des pertes de matière organique du sol, alors que d'autres techniques contribuent à son augmentation et donc à séquestrer le CO₂ atmosphérique.

Dans cette optique, notre projet de recherche a concerné la mise en évidence de l'effet des pratiques agro-écologiques dans une zone des plus arides au Maroc sur la fertilité des sols et leur taux de séquestration du carbone. L'expérimentation a lieu dans la Ferme pédagogique Carrefour des Initiatives et Pratiques Agro-écologiques (CIPA-Pierre Rabhi) dans la commune de Sidi Boubker, - Région de Rhamna. Trois parcelles de même type de sol, ayant des histoires différentes quant aux pratiques agro-écologiques, et un sol témoin ont fait l'objet d'une étude comparative afin de mettre en exergue les effets des pratiques agro-écologiques sur l'état de fertilité des sols.

L'analyse des caractéristiques biologiques et physico-chimiques des parcelles conduites en agro-écologie a montré une nette amélioration du taux de matière organique dans le sol, une augmentation de l'activité biologique, démontrant ainsi la l'augmentation du pouvoir séquestrant du sol grâce aux techniques agro-écologiques.

Mot clé : Sol ; matière organique ; fertilité ; changement climatique ; agro-écologie.

La dynamique du couvert végétal et des surfaces d'eau dans le géo-parc de Mgoun, durant les 30 dernières années, Haut Atlas Central, Maroc, Apport des Images satellitaires multi-temporelles

AKBOUB M.1 et IBOUH H.1 et 2

1 Cadi Ayyad University, Faculty of Sciences and Techniques, Marrakech, Geosciences and Environment Laboratory, Bd A. Khattabi, BO.549, 40000 Guéliz, Marrakesh, Morocco.

2 LMI_TREMA_IRD, Cadi Ayyad University, Bd.My Abdellah, BO 2390, 40000 Marrakech, Morocco.Email: akboub.mouad@gmail.com, h.ibouh@uca.ma;

Résumé

Le Géo-parc de Mgoun constitue un territoire fini non renouvelable à préserver pour les générations futures, c'est le paradis par excellence des géologues, tenant compte de sa nature, sa diversité de ses formations géologiques et la richesse de son héritage historique, culturel et architectural, cette richesse lui fournis le Label « Global Geopark » de l'UNESCO en septembre 2014. Il occupe une superficie de 12791 Km² situé administrativement dans la région Beni Mella-Khenifra, Il chevauche une grande surface des villes d'Azilal et Beni Mellal. Le présent travail pointe sur l'analyse et l'extraction des indices spectraux (NDWI (surface d'eau et humidité), NDSI, NDVI), à partir des images satellitaires Landsat multi-temporelles depuis 1984 jusqu'à 2015. Une chronique des images ont été analysées (1984, 1987, 1995, 2002, 2007, 2010, 2014, 2015), et pour tenir compte de la végétation et des surfaces d'eau propre du territoire et permanente nous avons choisi celles des mois et juin et juillet.

L'indice de l'eau NDWI (Normalised Difference Water Index), montre des fortes variabilités de surface aux alentours des villes d'Azilal et de Beni Mellal ainsi que les agglomérations voisines. Les surface d'eau évoluent d'une façon progressive, elle atteint 48,58 Km² en 2015 (une augmentation de 30,43 Km² par rapport à 1984).

La comparaison de l'indice de végétation NDVI (Normalized DifferenceVegetation Index), des années citées ci-dessus, montre de faibles variations des superficies de la végétation dans le Géo-parc de Mgoun, (24,42 Km² en 1984 et 25,11Km² en 2015), la surface la plus élevée est marquée entre 2002 et 2007 avec un taux de changement de 1,46 %, et la plus faible entre 1995 et 2002 (0,05%). En parallèle, l'évolution des surfaces des sols est généralement dans la même optique d'évolution que les surfaces de végétation ; En moyenne le sol représente 0,21 % de la totalité deu surface du Géoparc Mgoun.

On a également fait appel à la technique de « Change détection » sur les images multi temporelle préparées précédemment à partir de l'NDVI, pour détecter les zones qui ont subi des grands changements (dégradation ou apparition de la végétation), ainsi que celle qui ont subi moins. Cette étude montre que, durant ces 30 dernières années, la végétation du Géo-parc Mgoun s'est développée depuis 2002, sur une surface de 230,35 Km², et elle s'est dégradée sur des surfaces d'ordre de 182 Km².

Le suivi de l'évolution des surfaces d'eau (NDWI) quant à elle, montre une superficie de 18,15 Km² en 1984, qui augmente jusqu'à 42,55 Km²en 1987. L'augmentation de surface d'eau de plus de 24 Km²après une période de 6 ans de sécheresse. En 1995 on note une baisse des surfaces d'eau (25,85 de Km²) expliquée également par une période de sécheresse (4 ans) entre 1990 et 1994. La période de sécheresse entre 1999-2001 a joué également un rôle dans la disparition de 0,1% des surfaces d'eau, par rapport à la surface totale du géo-parc.

Mots clés : Géo-parc Mgoun, Télédétection, NDVI, NDWI, NDSI, change detection

Characterization of tolerance to drought stress in the argan tree
Abdelghani Chakhchar¹, Mouna Lamaoui¹, Salam Aissam¹, Abderrahim Ferradous², Said Wahbi³, Abdelhamid El Mousadik⁴, Saad Ibsouda-Koraichi⁵, Abdelkarim Filali-Maltouf⁶ & Cherkaoui El Modafar¹

1 Laboratoire de Biotechnologie Valorisation et Protection des Agroressources, Faculté des Sciences et Techniques Guéliz, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.

2 Centre Régional de la Recherche Forestière Marrakech, Ain Itti Ennakhil, Marrakech, Maroc

3 Laboratoire de Biotechnologie et Physiologie Végétale, Faculté des Sciences Semlalia, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc.

4 Laboratoire de Biotechnologie et Valorisation des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

5 Laboratoire de Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Techniques, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fès, Maroc.

6 Laboratoire de Microbiologie et Biologie Moléculaire, Faculté des Sciences. Université Mohammed V Agdal, Rabat, Maroc.

Abstract

Drought is the principal limiting factor for agricultural production. It has become an increasingly serious problem in many parts of the world and urgent for the international community. Therefore, drought tolerance becomes an extremely important agricultural feature. In the Mediterranean ecosystem, plants are subjected to continuous and severe drought stress. Some endemic species, such as the argan tree [*Argania spinosa* (L.) skeels], are well adapted to these conditions in Morocco. The argan tree is ranked among the first forest massifs in Morocco. In this sense, our study is undertaken on the argan tree to study and characterize the physiological and biochemical mechanisms of tolerance involved in drought stress. Our integrated multifactorial approach allowed determining the adaptive traits having the most discriminating power. These characters might allow to distinguish among different *A. spinosa* ecotypes according to their tolerance degree. Our finding showed that some ecotypes seem to be more drought tolerant and very promising for the regeneration of the Moroccan Arganeraie in arid and semi-arid areas. Indeed, the drought tolerance of these ecotypes, especially the inland ecotypes, may enhance their potential for climatic adaptations under drier conditions with ongoing climatic change.

This research was funded by Académie Hassan II des Sciences et Techniques and Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres, Maroc.

Intégration de la saison dans l'extraction directe du Facteur C-RUSLE de l'imagerie satellitaire

LAYADI Zineb^{1,2}, NAIMI Mustapha¹, CHIKHAOUI Mohammed¹, EL MANDOUR Abdennabi²

¹ Département des ressources naturelles et environnement, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II mnaïmi2005@gmail.com; mchikhaoui@gmail.com

² Laboratoire GEOHYD, Université Cadi Ayyad de Marrakech. a.elmandour@gmail.com ; layadi.zineb@gmail.com

Résumé

Les effets du changement climatique, ces dernières décennies, se font de plus en plus ressentir. En effet, on assiste à un régime de précipitations particulier : Plus d'averses avec des intensités et des fréquences plus importantes. Ce qui, entre autres, augmente l'effet érosif des sols.

Le couvert végétal joue un rôle majeur dans le processus de l'érosion et dans l'atténuation de ses effets, surtout celle hydrique. Il se traduit par le facteur C dans l'équation universelle révisée des pertes en sols (RUSLE). Le calcul et l'estimation de ce paramètre nécessitent un long travail sur le terrain, des sorties régulières, des parcelles d'expérimentation : Un dispositif coûteux.

Cette étude vient remédier à ce problème. Son but est le développement d'une approche multi-date, pour plus de précision, permettant l'extraction directe du facteur C à partir des images satellitaires. Pour ce faire, nous présentons une panoplie de modèles pour le calcul de ce facteur.

Par le biais des indices de végétation NDVI et TSAVI obtenus des trois images satellitaires retenus pour cette étude, des modèles les reliant au facteur C ont été générés.

Une validation de ces résultats, sur les bassins Nakhla et Saboun, a été faite et a approuvé les modèles déjà adoptés sur le bassin versant Tleta.

Seuls les modèles prenant en compte l'érosivité des pluies, un paramètre déterminant dans le processus de l'érosion, ont donné les meilleurs résultats avec des valeurs de l'erreur quadratique et du coefficient d'efficacité satisfaisantes.

Mots clés : Changement climatique, Erosion, Maroc, RUSLE, Facteur C, multi-date, images satellitaires, télédétection, indices de végétation, Rif

Evaluation de la qualité et de l'occupation des sols dans le périmètre irrigué du bas service des Doukkala

DOUMALI Kaoutar¹ IBNO NAMR Khalid¹

¹ Université Chouaib Doukkali, Faculté des Sciences, Département de Géologie, BP.20, 24000, El Jadida, Maroc. Email : Kaoutar.doumali.1991@gmail.com , ibnonamr.k@ucd.ac.ma

Résumé

La région Doukkala–Abda s'étend sur une superficie d'environ 13.285Km² ce qui représente 1,87% de la superficie totale du Royaume. La densité de la population y est voisine de 150,5 habitants au km² en 1997, soit plus de quatre fois celle enregistrée au niveau national.

La superficie agricole utile est de 428 000 ha dont 96 000 ha de périmètres de grande irrigation, 8 250 ha d'irrigation privée en zone côtière et 327 800 ha d'agriculture pluviale. Les périmètres de grande irrigation des Doukkala sont au nombre de deux : Le périmètre Bas-Service d'une superficie de 61 000 ha équipé entre les années 1930 et 1980 et le périmètre Haut-Service d'une superficie de 35 000 ha équipé dans les années 1990.

Depuis la mise en irrigation du périmètre bas service des Doukkala, il a connu un déséquilibre aussi bien au niveau du sol que de la nappe phréatique. Au premier abord, l'état de la qualité des sols des Doukkala ne semble pas être alarmant. Cependant, l'observation et la comparaison des résultats des analyses entre les sols Bour et les sols irrigués laisse apparaître un impact considérable quant à l'évolution des paramètres de qualité des sols sous pratiques culturales intensives.

En général, les sols des Doukkala présentent des problèmes ponctuels de salinité et de sodicité malgré la forte salinité des eaux d'irrigation. Ces sols sont pauvres à très pauvres en matière organique, sont stables à médiocrement stables vis-à-vis de l'action hydrique, ils sont peu drainant et peu perméables et sont enfin compactés à très compactés et présentent une semelle de labour.

Des mesures pratiques en matière de réhabilitation et de prévention sont à entreprendre dans l'immédiat de manière à cerner ces problèmes et empêcher leur dégénérescence. La méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail consiste en l'échantillonnage, les mesures in situ et à l'analyse des paramètres de qualité des sols et des eaux souterraines et le traitement des résultats d'analyses et cartographie thématique à l'aide de l'outil SIG.

Ceci doit d'abord passer par la pratique d'une culture de conservation appuyée par un système de suivi et de surveillance de la qualité des sols et des eaux.

Mots clés : Bas service, déséquilibre, irrigation, dégénérescence

Forêt d'Arganier et le changement climatique dans la région d'IKHOURBANE entre 2002 et 2013 (Plaine de Souss, Maroc)

Khalil.Z¹, Rahimi.A¹, El Aboudi.A², Slimani.M¹

¹ Université ChouaibDoukkali, Faculté des Science, Département de Géologie Laboratoire Géomatique et Géodynamique

² Université Agdal, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Laboratoire Botanique, Environnement

Résumé

Le projet présent se propose de cartographier à l'aide de la télédétection spatiale la densité de l'arganier dans la région d'IKHOURBANE dans la plaine de Souss sud-ouest du Maroc. Il s'agit d'une zone semi-aride dont le couvert arboré est largement dominé par l'arganier. Les zones cultivées sont représentées par des agrumes, la culture sous serres, oliviers et les cultures pluviales associées ou non à un couvert discontinu d'arganiers ou oliviers.

L'objectif de cette étude est l'utilisation de la télédétection pour cartographier la densité des arbres et les zones cultivées dans la région d'Ikhourbane. Les images utilisées comprennent une image de Google Earth ® acquise en 2002 considérée comme image de base pour la reconnaissance et une image Pléiade ® acquise en 2013. La comparaison entre ces deux dates, nous a permis de détecter les changements au niveau de l'utilisation et l'occupation du sol au niveau de la zone d'étude.

Afin de faire cette étude diachronique, on applique la méthode orientée objet appliquée sur ces images, l'approche de la classification orientée objet est conçue pour traiter les problèmes de l'homogénéité de l'environnement, elle ne traite pas le pixel de manière isolée mais le groupe de pixels dans leur contexte. Cette méthode a permis l'extraction et la différenciation des zones et la cartographie de la densité d'arbres dans les zones cartographiées en arganeraie et cultures. Ce qui a permis de produire la carte des zones cultivées, la carte d'occupation du sol et les cartes du couvert arboré et de la densité d'arbres d'arganeraie.

Cette étude a permis de faire une analyse diachronique entre 2002 et 2013 dans la région d'IKHOURBANE, plaine de Souss, Maroc. La cartographie de l'occupation, l'utilisation du sol et la densité de la forêt d'arganier dans la région a permis de faire une étude analytique de la région afin de reconnaître les zones à évolution ou régression des zones cultivés et occupée par l'arganeraie.

Mots-clés : Ikhourbane, Plaine de Souss, Télédétection, Pléiade, Google Earth, occupation du sol, utilisation du sol, Arganier.

Thème 5 : Salinisation et qualité des eaux

Localisation du biseau salé par la reconnaissance électrique: Application à l'aquifère de la Chaouia côtière (Maroc)

Bahija ALABJAH¹, Fouad AMRAOUI¹, Said CHIBOUT², MohammedSLIMANI³

1 : Equipe Hydrosiences, Laboratoire Géosciences Appliquées à l'Ingénierie de l'Aménagement (G.A.I.A.). Université Hassan II Ain Chock, Faculté des Sciences, BP 5366 Maarif, Casablanca, Maroc. alabjah.bahija@gmail.com

2 : Société AFRICA GEO-SERVICES, Fès, Maroc. africa.geoservices@gmail.com

3 : Agence du Bassin Hydraulique du Bouregreg et de la Chaouia, Maroc. slimani.mohammad@gmail.com

Résumé

L'aquifère de la Chaouia côtière constitue l'unique ressource en eau exploitable pour le développement social et économique de la région entre Azemmour et Casablanca. C'est une nappe libre, pelliculaire, discontinue qui s'alimente par infiltration des eaux de pluie et se décharge en mer. Elle se développe dans un socle paléozoïque fracturé et altéré en surface, principalement dans des grès, schistes et quartzites.

L'irrigation agricole, excessive par endroits, se fait exclusivement à partir des eaux de la nappe, ce qui provoque une baisse de la surface piézométrique et l'intrusion des eaux salées dans l'aquifère au niveau du littoral. La conséquence se traduit par l'abandon de certains puits contaminés par l'eau de mer.

Cette étude se propose de localiser la pénétration du biseau d'eau salée depuis la bande côtière jusqu'à l'intérieur des terres, par l'utilisation conjointe de la tomographie des résistivités électriques (ERT) et des sondages électriques verticaux.

L'interprétation de 36 profils de tomographie électrique et de 296 sondages électriques après étalonnage avec les forages lithologiques existants dans la zone, ainsi que les puits mesurés près des profils a permis de diviser la zone d'étude en deux parties :

- La première partie : Azemmour - Tnine Chtouka, caractérisée par la présence de terrain Crétacé, où l'atténuation de l'intrusion marine a été observée au-delà de 2000 m du littoral ;
- La deuxième partie : Bir Jdid - Casablanca, caractérisée par la remontée des sables surmontés par les schistes altérés, où l'intrusion marine reste limitée à 400 m du littoral.

Prospection géophysique et géochimique pour la délimitation de l'interface eau douce eau salée dans l'aquifère côtière de Oued Laou (Tétouan, Maroc)

**M. Himi^{1,2} ; J.C. Tapias² ; J. Stitou³ ; L. Rivero² ; A. El Mandour⁴ ; M. El Gettafi⁵ ; D. Chafouq⁴ ;
A. Casas²**

1. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Al-Hoceima. Université Mohammed Premier.
2. Institut de recerca d'aigua de Barcelona. Universitat de Barcelona.
3. Faculté de Sciences (Tétouan), Université Abdelmalek Essadi.
4. Laboratoire GEOHYD, FSSM(Marrakech), Université Cadi Ayyad.
5. Laboratoire OLMAN-RL, FPN (Nador), Université Mohammed Premier.

himi06@gmail.com

Résumé

En raison de la quantité et la qualité stable, les eaux souterraines couramment été une source d'eau fiable pour les utilisations domestiques, agricoles et industrielles dans les aquifères côtières. Cependant, la mise en place d'un programme de gestion intégral sur l'utilisation des eaux souterraines et des eaux de surface a toujours été entravée par le manque d'informations détaillées des caractéristiques des formations aquifères.

Au Nord du Maroc, spécialement à l'aquifère côtière de Oued Laou, et à fin d'obtenir une meilleure connaissance à la fois sur la géométrie des formations et des caractéristiques physico-chimiques de l'aquifère, une étude combinée intégrant les données hydrochimiques et géophysiques a été menée.

Les valeurs de conductivité électrique apparente obtenues para la prospection électromagnétique mesurées par les deux dipôles (vertical et horizontal) sont inférieures à 50 mS / m, sauf dans deux zones: La première au NE de la plaine et la deuxième aux environs de l'embouchure de la rivière où les valeurs maximums ont été enregistrées (plus de 300 mS / m). En même temps, nous avons observé que les valeurs de conductivités électriques augmentent avec la profondeur. Ces résultats coïncident avec la carte de distribution des chlorures obtenue à partir des analyses chimiques et indiquent l'existence d'une intrusion d'eau salée au Sud-est de l'aquifère de Oued Laou.

Les données de tomographie de résistivité électrique ont été recueillies le long de 5 profils à l'aide d'un dispositif mixte Wenner-Schlumberger. La distance entre les électrodes le long de chaque profil est de 10 m, avec un total de 48 électrodes. Ces profils enregistrent des valeurs de résistivités très faibles dans une bonne partie de la plaine. L'interprétation conjointe des données géophysiques, géologiques et géochimiques nous a permis d'identifier la géométrie de l'aquifère et d'estimer les limites entre eau douce et salée.

Origine de la contamination des eaux souterraines au niveau de l'aquifère de Settat (Maroc)

Namira El Amrani Paaza(1) et Marie Larocque(2)

(1) Laboratoire des Energies Renouvelables, Environnement et Développement (LERED), Université Hassan 1^{er}, Faculté des Sciences et Techniques de Settat.

(2) Département des sciences de la Terre et de l'Atmosphère et Centre de recherche pour l'étude et la simulation du climat à l'échelle régionale, Université de Québec à Montréal, Montréal (Québec), Canada.

Résumé

Les eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Settat sont évacuées sans traitement préalable dans l'oued Boumoussa. À la sortie de la ville, cet oued traverse sur une distance de 8 km, deux localités de la communauté de Mzamza, Oulad Boukhallou et Dladla. Le long de son passage, les riverains utilisent l'oued pour l'irrigation des cultures céréalières et fourragères. Les polluants contenus dans ces eaux peuvent donc s'accumuler dans l'aquifère au niveau de la zone au nord de la ville de Settat. Compte tenu de ceci, il est clair que les risques de dégradation des composantes de l'écosystème et de la santé humaine sont élevés.

Cette problématique a été étudiée sur une décade, en 2004, dans le cadre du projet Ecosystème et santé humaine (financé par le Centre de Recherche pour le Développement International du Canada et la Fondation Ford des États-Unis) et, en 2009, dans le cadre d'un projet de recherche entre la Faculté des Sciences et Techniques de Settat et l'Institut de l'Eau de l'Université de Grenade (financé par l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le Développement) pour déceler l'origine de la contamination des sols et des eaux souterraines par les eaux d'irrigation chargées en contaminants agricoles et industriels.

L'ensemble des études réalisées depuis 2004 a permis d'obtenir une meilleure compréhension de l'origine de la contamination de l'aquifère de Settat. L'objectif de ce travail est de présenter une synthèse des données rendues disponibles par ces études.

Mots clé : Contamination, eaux souterraine, aquifère de Settat (Maroc).

The effects of livestock methane emission on the global warming

Abdelmajid Moumen, Ghizlane Azizi*, Kaoutar Ben Chekroun, Mustapha Akodad, Ali Skalli and Mourad Baghour

Université Mohammed 1^{er}, Faculté Pluridisciplinaire Nador (FPN),
Observatoire de la Lagune Marchica de Nador et Région Limitrophes (OLMAN- RL),
B.P: 300, Selouane 62700, Nador, Morocco.

*Corresponding author: e-mail: abelm127@hotmail.com , ghizlaneazizi@hotmail.com

Abstract:

The greenhouse gas (GHG) emissions from the agricultural sector account for about 25.5% of total global anthropogenic emission. Methane is one of the most important GHGs and it has 21 times more global warming potential than carbon dioxide. Ruminant livestock contributes the major proportion of total agricultural emission of methane. The CH₄ produced by ruminants is not only related to environmental problems, but is also associated with energy losses. This article reviews various attempts to reduce methane emission, mainly through improved genetic selection, modification of dietary composition, or through rumen microbial manipulation. Vaccines against methanogenic bacteria or monensin as antimicrobial are widely used in ruminants to improve performance. Increases in the understanding of the environmental impacts of livestock farming and methods of mitigating them are likely to occur and more effective approaches to designing systems of mitigation will be developed.

Keywords: global warming; methane; ruminants; greenhouse gases; mitigation strategies.

Impact de l'irrigation et de la fertilisation sur les paramètres physico-chimiques du sol, sous tournesol et sorgho-Doukkala, Maroc

Nawal ZIDOUNI¹, Khalid IBNO-NAMR²

¹zidouni.nawal@gmail.com, Faculté des sciences/Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Maroc

²ibnonamr.k@ucd.ac.ma, Faculté des sciences/Université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Maroc

Résumé

Dans les zones semi arides, l'irrigation des cultures permet de maintenir et d'améliorer la fertilité des sols et augmenter les rendements des cultures, en plus l'apport de fertilisants permet une meilleure disponibilité des éléments nutritifs dans le sol.

L'objectif de ce travail consiste en un suivi du changement de la qualité d'un vertisol sous deux cultures différentes, au niveau d'une station expérimentale (SEMVA) dans la région de Zemamra, la qualité du sol est estimée à travers des analyses physico-chimiques des échantillons de sol prélevés avant et après irrigation et apport d'engrais.

Les analyses sont effectuées sur des échantillons de sol pris, dans les horizons 0-20 et 20-40 cm, pour les deux cultures sorgho (*Sorghum*) et tournesol (*Helianthus annuus*). Les paramètres étudiés sont la texture, l'humidité, le pH, le carbone organique, l'azote total et le phosphore disponible. Les analyses ont été faites au laboratoire de Géoscience et Techniques d'Environnement à la faculté des Sciences d'El Jadida.

L'analyse de la texture montre qu'il s'agit d'un sol argilo-sableux. Les analyses physico-chimiques du sol, ont montré un pH basique du sol (8,7), qui diminue suite à l'irrigation ou l'application d'engrais, dans les deux parcelles tournesol (TS) et sorgho (SG), L'humidité du sol diminue entre deux irrigations et augmente après irrigation, elle passe de 11.72 à 24.54% dans l'horizon 0-20 cm et de 13.80 à 24.80% pour l'horizon 20-40 cm. Le carbone organique des sols reste faible (0.93 en moyenne), qui peut diminuer légèrement suite à l'application d'engrais sous TS, alors qu'il augmente légèrement sous SG. Pour l'azote total, l'apport d'ammonitrate a nettement amélioré le statut de cet élément dans le sol, et a diminué le rapport C/N dans les deux horizons et pour les deux cultures. Enfin, le phosphore disponible diminue très légèrement à partir de l'apport des engrais de fond, au début de l'installation des cultures, mais chute rapidement suite à l'application de l'ammonitrate.

Mots-Clés- Tournesol, sorgho, fertilisation, irrigation, fertilité du sol, paramètre physico-chimiques.

Impacts des changements globaux et de l'utilisation de l'eau sur les vertébrés aquatiques dans le bassin du Draa au sud-est marocain.

Soumia Loulida^{1,2}, Safaa, Bendami^{1,2}, Mohammed Znari^{1,2}, Adil Moumane¹, Jérôme Maran³

1- Faculté des Sciences - Semlalia, Département de Biologie, Laboratoire "Biodiversité & Dynamique des Ecosystèmes" (Lab L01B09 – BioDEcos) (soumialoulida@gmail.com, znarim@gmail.com, naimi.mhd@gmail.com, adil.mmn@gmail.com)

2- Muséum d'Histoire Naturelle de Marrakech, Centre de Recherche sur la Biodiversité & la Conservation (CRBC) (soumialoulida@gmail.com, znarim@gmail.com, naimi.mhd@gmail.com)

3- L'Association du Refuge des Tortues, Mairie de Bessières, 29, place du Souvenir, F-31660 Bessières, France (jerome.maran@wanadoo.fr)

Résumé

La vallée du Draa, sud-est du Maroc, compte parmi les 10 plus importants bassins versants des zones arides au Monde. Cette vallée, caractérisée par une riche diversité culturelle, abrite près d'un million habitants dépendants de cette oasis désertique et fragile. Cette dernière est très menacée par l'impact humain et les changements climatiques globaux. Dans cette région, les périodes sèches éliminent souvent l'écoulement superficiel en alternance avec des crues soudaines et violentes. De plus, un grand barrage a été construit en amont en 1972, et les débits fluviaux sont devenus sérieusement limités. L'accroissement de l'aridité et de la salinisation causée par l'homme, aggravent fortement l'impact humain déjà sévère sur la biodiversité aquatique. L'utilisation de bio-indicateurs écologiques pertinents permet d'avoir un aperçu très sensible de l'état de cet écosystème en changement rapide. Dans cette étude, nous avons étudié la répartition, l'abondance et la capacité de tolérance à la salinité de certains vertébrés aquatiques dans les bassins fluviaux drainant le bassin du Draa, sur la base d'échantillonnages sur le terrain et de tests expérimentaux. L'inventaire comprend 13 espèces dont 7 poissons indigènes (2 cichlidés relictés: *coptodon zillii* et *Oreochromis aureus* ; 4 cyprinidés: *Luciobarbus spp* et 1 salmonidé: *salmo trutta*), 4 batraciens (*Pelophylax saharicus*, *Barbarophryne brongersmai*, *Bufoles boulengeri* et *amietophrynus mauritanicus*), un serpent (*Natrix maura*) et une tortue d'eau douce, l'émyde lépreuse (*Mauremys leprosa*), avec une tolérance à la salinité très variable affectant leur présence et leur abondance locales. Durant les périodes sèches, la plupart des populations sont fragmentées en mares isolées avec des eaux intermittentes de plus en plus saumâtres à salines. De longues périodes de forte salinité se sont révélées susceptibles d'affecter négativement certains taxons, comme les tortues, exposées à une déshydratation sévère et/ou un stress osmotique. Par conséquent, les populations de certaines espèces sont en voie d'extinction et devraient être protégées.

DayatFahs (temporary Lake in the Doukkala): Risk and socio-economic and environmental impact

Soukaina KHOUAJA¹, Mohamed OUADIA¹, El mehdi IRZAN¹, Maryem BENAKRIM¹ and Soukaina BENEZHA¹

¹University Chouaibdoukkali, Faculty of science, Department of geology, laboratory of Geosciences and environmental Techniques. P.o. box 20, 24000, El Jadida, Morocco.

E-mail: soukaina.khouaja@outlook.fr, mhouadia@yahoo.fr, elmehdiirzan@gmail.com, maryben1993@gmail.com and benezhasouka@gmail.com

Abstract

The plain of Doukkala is characterized by the frequency of the (temporary lakes) dayas whose Fahs is most important to the north end of this plain. The latter is closely related to the irregular operation of Oued FelFel. During rains, exceptional for the years 1995 and 1996, this dayas, which no longer retain surface water made by the Oued FelFel, spawned floods and damage having harmful consequences on the city coast «El Jadida» (downstream).

In addition to this risk, a questionnaire completed by residents of this daya shows that their activities (agricultural and livestock) are significantly influenced by irregular operation (in space and time) of this daya.

Although it is a site of ecological importance (wetland: supply of groundwater, bird migration, climate refresh...), it is not maintained and furnished especially that it is close to a large industrial infrastructure at the national level (complex phosphoric Jorf Lasfar).

These findings reveal the impact socio-economic, not negligible, this daya which requires, in an urgent manner, an intervention for his good rational and sustainable management.

Caractérisation hydrodynamique et hydrogéochimique des eaux d'irrigation au niveau du site agricole Agafay Haouz occidental Maroc

S. SEFIANI^(1,6), A. EL MANDOUR^(1,6), N. LAFTOUHI^(1,6), N. KHALIL^(1,6), L. HANICH^(2,6), A. CHEHBOUNI^(3,6), S. KHABBA^(4,6), L. JARLAN^(2,6), A. HAMAOU⁽⁵⁾, H. AIT HAJJI⁽⁵⁾

⁽¹⁾: Laboratoire Géostrucures, Géomatériaux et ressources en eaux (GEOHYD), Université Cadi Ayyad. Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc. salmasefiani@gmail.com, a.elmandour@uca.ma, nouredine.laftouhi@uca.ma, khalil@uca.ma.

⁽²⁾ Laboratoire Géorressources, University Cadi Ayyad, Faculté des Sciences et Techniques, Marrakech,

⁽³⁾: Institut de recherché pour le développement, Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech Morocco. lionel.jarlan@cesbio.cnes.fr, ghani.chehbouni@ird.fr

⁽⁴⁾: LMME, Faculté des Sciences. Semlalia, Marrakech, Morocco khabba@uca.ma

⁽⁵⁾: Responsables du site Agafay

⁽⁶⁾: Laboratoire Mixte International:

TREMA (www.trema.ucam.ac.ma)

Résumé

La situation des ressources en eau du Maroc, déjà critique, risque de devenir un problème entravant toute poursuite de développement. Les changements climatiques attendus, auraient des conséquences néfastes directes et indirectes sur le potentiel en ressources en eau, tant du point de vue quantité que qualité sur les besoins en eau et sur l'efficacité d'utilisation de cette ressource pour les différents usages.

La plaine du Haouz se situe dans la partie méridionale de la meseta marocaine occidentale. Elle s'étend sur une superficie de 6.000 km², allongée en direction E-W entre la chaîne du Haut-Atlas au Sud et le massif hercynien des Jebilet au Nord. Les périmètres irrigués présentent une superficie de 310.000 ha, comptent parmi les plus importants du pays, et connaissent une intensification des pratiques culturales. De ce fait, l'objectif de ce travail est d'établir une caractérisation hydrodynamique et d'évaluer la qualité des eaux souterraines au niveau du périmètre irrigué d'Agafay, situé dans la partie occidentale du Haouz, à 35 km au SW de Marrakech.

Le périmètre irrigué d'Agafay fait partie du bassin versant de N'fis, ce dernier renferme le principal oued atlasique qui débouche dans la plaine du Haouz, c'est un bassin bien aménagée. Les ressources en eau de l'oued N'Fis sont actuellement régularisées par deux barrages (Lalla Takerkoust et Ouirgane), l'écoulement d'oued N'fis est contrôlé essentiellement par les lâchées des eaux de barrage. Cela a diminué les infiltrations le long de l'oued, ce qui a provoqué une diminution du niveau de la nappe au niveau du bassin de N'fis.

La qualité des eaux souterraines basée sur l'analyse des 30 échantillons réparties au voisinage du site d'étude montre que les fortes minéralisations se concentrent dans les périmètres irrigués, et en aval dans le sens d'écoulement de la nappe. Cette forte minéralisation des eaux est contrôlée essentiellement par les chlorures et les nitrates.

L'analyse des différents paramètres a permis de conclure que la qualité des eaux souterraines au voisinage du site d'étude est moyenne, et que la plupart d'entre elles ne sont pas convenables pour l'irrigation. D'où la nécessité d'utiliser le mélange eaux souterraines et eaux des barrages (Takerkoust et Agafay), afin d'assurer une exploitation durable de ce périmètre irrigué.

Pollution des eaux de surface au Maroc : Evaluation de la qualité physico-chimique **Sara ETTAMIMI ^{1,2,3}, Soumya ESSAYEH ³, Rachid HNINI ⁴, Amine MALOUKI ⁴,** **Mohammed Ben ABOU ¹, Fatiha CHIGER ⁴, Mohammed NAJIMI⁴, Sanae RAOUI ⁵,** **Khalil HAMMANI ¹, Hassan GHAZAL ^{2,3}**

1. Laboratoire Ressources Naturelles et Environnement, Faculté Polydisciplinaire de Taza, Université Mohamed Ben Abdellah.
2. Laboratoire de Génétique et Biotechnologies, Faculté des Sciences Oujda, Université Mohamed Premier-, 60 000 Oujda-Maroc.
3. Faculté Pluridisciplinaire de Nador, Université Mohamed Premier, Selouane, Nador.
4. Faculté des Sciences et Techniques de Beni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane, Beni Mellal.
5. Faculté des Sciences Mohamed V Agdal, Rabat, Maroc.

Résumé

Les eaux douces au Maroc constituent une part importante du patrimoine hydraulique du pays. Cette richesse en milieux aquatiques, positionne le Maroc parmi les pays d'Afrique les plus menacés par le fléau de la pollution de ses eaux. Cette dernière continue à poser un problème sérieux pour l'environnement. La croissance démographique importante que connaît les grandes villes du royaume ainsi que le développement économique et industriel implique l'intérêt de contrôler la qualité de ces ressources en eaux afin d'évaluer l'origine et la nature de cette pollution et ses effets sur la vie et la santé de la faune et de la flore. Le présent travail s'intéresse à la quantification de la pollution de trois rivières et lacs en se basant sur des analyses physico-chimiques ; Oued Sebou et Lac Aawa dans le moyen Atlas, Oued Moulouya dans le Rif ainsi que Oued Oum Errabiaa dans la région de Béni Mellal. La fréquence d'échantillonnage adoptée durant la période d'étude (de 2014 au 2016) est de deux prélèvements par an en tenant compte des changements saisonniers (deux campagnes d'analyse : estivale et hivernale). Les paramètres comme la température, le pH et la conductivité sont mesurés *in-situ* au moment de l'échantillonnage, tandis que les autres paramètres sont mesurés au laboratoire par des méthodes gravimétriques et colorimétriques normalisées. Les résultats de mesure des différents paramètres sont comparés aux normes en vigueur pour déduire le degré de pollution de ces deux sites. Les résultats montrent une variation d'un site à l'autre. L'analyse des paramètres indicateurs de la pollution a révélé que les valeurs moyennes relatives à la DBO5 et la DCO restent toutefois élevées indiquant un risque de pollution majeur. Nous proposons dans la suite de notre recherche de corrélérer ces paramètres au contenu microbien de ces écosystèmes aquatiques.

Mots clés : Oued Moulouya, Oued Oum Errabiaa, Oued Sebou, Lac Aawa, paramètres physico-chimiques, degré de pollution, qualité physico-chimique.

PROJET PMARS - SALIDRA: Salinisation de l'eau et ses impacts écologiques et socioéconomiques dans le bassin aride du Draa: Implications pour la gestion durable des ressources en eau

Mohammed Znari^{1,2}, Ralf Schaeffer⁴, Oliver Frör⁴, Mohammed Messouli³, Mohamed Yavoubi³, Mohamed Ghamizi^{3,4}, Soumia Loulida^{1,2}, Ahmed Karmaoui³, Mohamed Naimi^{1,2}, Hassan Benaissa^{1,3}.

1- Faculté des Sciences - Semlalia, Département de Biologie, Laboratoire "Biodiversité & Dynamique des Ecosystèmes" (Lab L01B09 – BioDEcos) (soumialoulida@gmail.com, znarim@gmail.com, naimi.mhd@gmail.com)

2- Muséum d'Histoire Naturelle de Marrakech, Centre de Recherche sur la Biodiversité & la Conservation (CRBC) (soumialoulida@gmail.com, znarim@gmail.com, naimi.mhd@gmail.com)

3- Faculty of Science - Semlalia, Department of Life Sciences, Department of Environmental Sciences (LHEA-URAC 33), Faculty of Sciences Semlalia, Marrakech (messouli@gmail.com, yacoubi@uca.ac.ma, ghamizi@uca.ma, karmaoui.ahmed@gmail.com)

4- University of Koblenz-Landau, Institute for Environmental Sciences (schaefer-ralf@uni-landau.de, froer@uni-landau.de)

Résumé

Le bassin du Draa, sud du Maroc, compte parmi les 10 plus importants bassins versants des zones arides au Monde. Il représente une oasis désertique fragile avec une riche diversité culturelle et habitée par près de 1 million de personnes. La salinisation des ressources en eau douce est un problème environnemental majeur qui affecte également l'oued Draa. Les objectifs du projet Maroc-Allemand (PMARS III) SALIDRA en cours sont de : i) soutenir les efforts de l'UNESCO en ce qui concerne la conservation et la gestion à travers l'identification des effets écologiques et économiques de salinisation, ii) la détermination des seuils spécifiques des ions majeurs (i.e., Na, K, Cl, Ca, Mg, NO₃, NO₂, SO₄) et la hiérarchisation en termes de priorité des zones d'eau douce pour une gestion de la salinisation axée sur la recherche socio-écologique. Le projet est composé de 5 modules de travail qui traitent de : 1) l'évaluation de l'état écologique basée sur les invertébrés, les vertébrés (aquatiques et semi-aquatiques) et les processus écosystémiques, 2) le développement de modèles prédictifs pour la salinisation, 3) l'analyse des parties prenantes comprenant des entrevues et des ateliers, 4) des actions pour les étudiants et les chercheurs en début de carrière et 5) demande d'un financement pour soutenir l'étude et le réseau de recherche. Dans l'ensemble, le financement sera utilisé pour établir une étude collaborative et un réseau de recherche et servira de levier pour produire des conditions préalables essentielles pour une demande de subventions plus conséquentes. Le projet produira des suggestions de gestion fondées sur la science pour le bassin du Draa, conduira à des publications scientifiques de haut niveau, activera et impliquera les parties prenantes et améliorera l'éducation et la formation d'étudiants marocains et allemands et de chercheurs en début de carrière.

Traitement physicochimique des eaux de lixiviation de la décharge publique de Tanger par l'argile en poudre

LAMRINI EL OUAHABI Rachad^{1*}, ALLOUCH Mohamed¹

¹Laboratoire des matériaux et valorisation des ressources, Faculté des sciences et techniques de Tanger, Université Abdelmalek Essaadi, B.P 416 Tanger - Maroc. lamrini.rachad@gmail.com.

Résumé

Le travail à présenter se focalise sur le lixiviat de la décharge publique (Non contrôlée) de Tanger qui est défini comme étant l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant de divers polluants organiques et inorganiques. La production massive de celui-ci engendre des risques de pollution des sols, des rivières et des nappes phréatiques, Il est donc nécessaire de le collecter et de le traiter avant son rejet dans le milieu naturel.

Tout d'abord, on a exercé une caractérisation physico-chimique ainsi que biologique du lixiviat brut, en analysant les paramètres physico-chimique de l'échantillon prélevé du cours de lixiviat en direction vers le nord (en écoulement). Les résultats ont donné (CE de 29,1 mS/cm; pH de 8,21 ; DCO de 19380 mg O₂ /l ; DBO₅ de 14920 mg/l ; Coliformes fécaux de 13.10⁴ C.F/100 ml ; Nt de 32,5 mg/l). Ces valeurs dépassent largement les normes nationales et internationales pour les rejets d'effluents liquides dans le milieu naturel.

Les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques du lixiviat brut a révélé une forte charge minérale, métallique, organique ainsi que biologique, pour cette raison nous avons exploité plusieurs méthodes de traitement, filtration sur sable, filtration sur la sciure de bois et l'adsorption par la sciure de bois activée chimiquement par la soude et l'adsorption par l'argile en poudre. Ce dernier traitement a donné un rendement épuratoire satisfaisant par rapport aux autres (Taux d'abattement de 71 % des matières réductrices). Le taux d'abattement a été déterminé par la mesure de la quantité d'oxygène consommée par ces matières réductrices.

Enfin, nous sommes arrivés à montrer que le lixiviat de la décharge publique de Tanger pourrait être efficacement traité par l'adsorption par l'argile en poudre. Le rendement moyen de traitement peut être augmenté par l'optimisation de la quantité et la porosité de l'argile et par un prétraitement par décantation.

Mots clés : Lixiviat, DCO, DBO₅, Coliformes fécaux , Sable , Sciures de bois , Argile.

Evaluation de la vulnérabilité des nappes à la pollution : un moyen de protection de la qualité des ressources en eau souterraines

KNOUZ Najat^(1,*), BACHAOUI El Mostafa⁽¹⁾, BOUDHAR Abdelghani⁽²⁾

¹ Laboratoire de Télédétection et de SIG appliqués aux Géosciences et à l'Environnement, Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 523, Béni Mellal, Maroc.. najat_alias@live.fr

² Equipe de recherche "Gestion et valorisation des ressources hydriques GEVARHY ". Université Sultan Moulay Slimane, Faculté des Sciences et Techniques, B.P. 523, Béni-Mellal, Maroc.

Résumé

Au cours des dernières années, la qualité des ressources en eau souterraines est devenue une des priorités au Maroc, en raison de leur rareté et de la multiplication des sources de pollution. La protection de ces ressources nécessite au préalable l'évaluation du degré de leur vulnérabilité à la pollution. Plusieurs méthodes de caractérisation de la vulnérabilité des nappes à la pollution, couplées aux systèmes d'information géographique, sont citées dans la littérature internationale.

DRASTIC (*Depth to water* (D) : profondeur à la nappe ; *Recharge* (R) : recharge de la nappe ; *Aquifer media* (A) : lithologie de la nappe ; *Soil media* (S) : type du sol ; *Topography*(T) : pente topographique du terrain ; *Impact of vadose zone* (I) : impact de la zone non saturée ; *hydraulic Conductivity of the aquifer* (C) : conductivité hydraulique de la nappe), développée par Aller et al. (1987) et classée par Engel et al. (1996), est la méthode utilisée dans cette étude qui consiste à évaluer la vulnérabilité verticale intrinsèque de la nappe des Béni Amir (Plaine de Tadla) à toute forme de polluant introduit à partir de la surface du sol en se basant sur les propriétés physiques du milieu.

Les sept paramètres de la méthode ont été construits, classés et codés en utilisant l'outil SIG et ses fonctionnalités. L'indice de vulnérabilité, ainsi calculé, traduit le degré de vulnérabilité de chaque unité hydrogéologique.

Les résultats montrent que la zone d'étude se décline en trois classes de vulnérabilité (17% forte vulnérabilité, 55% moyenne et 28% faible vulnérabilité). De plus, les zones à vulnérabilité élevée se concentrent dans des régions agricoles, là où les engrais azotés sont fréquemment utilisés, ce qui augmente le risque de contamination.

Mots clés : Vulnérabilité, des eaux souterraines, pollution DRASTIC, SIG, Maroc

Impact du changement climatique sur la qualité des eaux souterraines dans la plaine des Doukkala

Hasna JAMAA¹, Abderrahim El ACHHEB¹, Khalid IBNO NAMR¹ et Tahar Hamdouni¹

¹hasna.jamaa@gmail.com, Laboratoire de Géosciences et Techniques de l'Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences. BP. 20, 24000 El Jadida, Maroc.

Résumé

La nappe des Doukkala s'étend sur 3250 km² sous la plaine des Doukkala. Elle circule principalement dans des formations Plio-Quaternaires. L'écoulement général des eaux de la nappe est SE-NO. Les eaux souterraines constituent la ressource principale pour la consommation humaine et animale et permettent aussi l'irrigation complémentaire privée dans les zones hors périmètre irrigué par la Grande Hydraulique. Durant les dernières années, les précipitations ont baissé et l'évaporation accélérée par l'augmentation de la température. Ces changements climatiques ont engendré des perturbations directes du cycle de l'eau et par conséquent des eaux souterraines. En plus, cette source a perdu aussi de sa qualité à cause des effets indirects de ce changement qui sont l'augmentation des volumes prélevés pour l'irrigation et la consommation domestique.

Le présent travail constitue une étude de l'état actuel de la salinisation des réservoirs aquifères de la plaine des Doukkala sous l'effet du changement climatique. La salinité des eaux souterraine est l'indicateur principal du changement de la qualité des eaux. 160 points d'eaux représentés par des puits et forages exploités ont été échantillonnés durant la période Avril et Mai 2016, pour estimer leur salinité. Les paramètres dosés sont la conductivité électrique, le sodium et les chlorures.

La mesure de la conductivité dans les différents puits montre des valeurs généralement élevées qui oscillent entre 0,6 mS.cm⁻¹ et 11.95 mS.cm⁻¹. Avec une teneur en sodium qui varie entre 68.5 et 2335 mg/l et en chlorures qui varie de 150.88 à 3922.75 mg/l. Cette augmentation de la conductivité est due surtout à l'évaporation à la surface du sol entraînant une augmentation progressive de la salinité des solutions dans la zone non saturée, et à l'infiltration des eaux d'irrigation chargées en sels (275 mg.l⁻¹ et 150 mg.l⁻¹ respectivement pour les chlorures et le sodium) et en intrants agricoles, ainsi que la dissolution-précipitation de la roche aquifère.

Mots-Clés : Changement climatique, Plaine des Doukkala, Nappe des Doukkala, Formations Plio-Quaternaires, Salinité des eaux,

Evaluation des effets d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la plaine irriguée du Tadla

HANANE EL-HALOUANI^{1*}, ZEHOR AIT YACINE¹, ABDELAZIZ HASIB¹

¹ Environment Laboratory and Agro-Resource Development, Sciences and technologies Faculty, Béni-Mellal

* E-mail: hanane.elhalouani@gmail.com

Résumé

La disponibilité des eaux souterraines de bonne qualité est devenue un défi très difficile à relever dans grand nombre de régions du monde et plus particulièrement dans notre région à cause du climat semi aride et de la pollution principalement agricole. L'augmentation des flux de pollution et la demande en eau est de plus en plus croissante, alors que l'offre est en réduction continue surtout dans les pays arides et semi arides, dans ces derniers où l'évapotranspiration dépasse les précipitations, ce qui impose l'apport de l'irrigation pour quasi toutes les cultures.

Dans le périmètre irrigué du Tadla, l'un des 9 grands périmètres irrigués du Maroc, l'intensification de l'agriculture, couplée à une utilisation accrue des ressources en eaux de surface et souterraines, est jugée responsable de la pollution diffuse et de la détérioration de certains paramètres de qualité des eaux souterraines et des sols.

La plaine irriguée du Tadla est affectée actuellement par la salinité des eaux souterraines suite à la pollution par les nitrates, principalement les Béni Amir et Béni Moussa et les zones à problème de remontée de la nappe. La qualité chimique des eaux souterraines du périmètre présente une très grande irrégularité du taux de salure qui varie de moins de 0,5 g/l dans les Béni-Moussa Est, et dépasse 4g/l dans les Béni-Moussa de l'Ouest et les Béni-Amir.

Dans ce cadre notre étude vise à déterminer les effets de la fertilisation azotée sur la qualité des eaux de la nappe du Tadla.

Mots clés : eaux souterraines ; plaine du Tadla ; qualité ; nitrates ; agriculture.

Etude des possibilités de purification des biogaz issus Du centre d'enfouissement technique des déchets (fes - Maroc) : approche pluridisciplinaire

T. ElKarzabi¹, A. Younsi¹, M. Brakez², Y. Slimani³, M. Sami³, A. El Achheb³

¹ : touria.elkarzabi@gmail.com Faculté des Sciences. El Jadida. Maroc.

² : Bureau d'études SEGU. Casablanca et Rabat. Maroc.

³ : ECOMED. Fès. Maroc.

Résumé

La dégradation anaérobie, spontanée et naturelle, de la fraction organique "fermentescible" des déchets ménagers enfouis dans les centres d'enfouissement technique des déchets (CET) génère plusieurs biogaz, dont certains peuvent être valorisés.

C'est le cas pour la société de traitement des déchets ménagers ECOMED qui a lancé un projet de valorisation électrique du biogaz, mi-année 2015, dans le CET dont le biogaz est riche en méthane.

Le CET de Fès s'étale sur une superficie d'environ 110 ha et se trouve à 12 km du centre ville sur la rocade de Sidi Hrazem. La décharge contrôlée est équipée des casiers et ouvrages de collecte et de traitement des lixiviats, des ouvrages de collecte et de traitement du biogaz, des ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux de pluies, et aussi dotée d'un bâtiment d'exploitation, d'un atelier, d'un pont bascule et d'une station de service.

L'exploitation de la décharge contrôlée a démarré le 02 avril 2004. Toutes les mesures sont prises pour préserver de la pollution toutes les composantes de l'environnement, eau, air, sol, faune, flore.

Dans ce cadre, notre travail consiste à étudier les différentes possibilités de purification de ce biogaz afin d'atteindre une production maximale d'électricité.

En premier lieu, nous avons procédé à l'évaluation des performances épuratoires du charbon actif pour purifier le biogaz, par une meilleure compréhension des propriétés physico-chimiques de ce matériau.

En second lieu, nous avons étudié les possibilités d'une élimination efficace des sulfures présents dans le biogaz. En effet, le sulfure d'hydrogène pénalise grandement et doublement la filière "moteur-électricité". D'une part, il s'agit d'un gaz acide et corrosif, et d'autre part, il est directement responsable de la présence d'oxydes de soufre dans les gaz d'échappement.

Mots clés : Biogaz - Méthane - Sulfure d'hydrogène - Purification - Charbon actif - Déchets solides - CET - Fès - Maroc.

Investigation of the geochemical and geophysical evolution of groundwater under arid climate: A case study in northeastern Morocco

M. Elgettafi¹, A. Elmandour², M. Himi^{3,4}, A. Casas⁴

1. Université Mohamed I, Faculté Pluridisciplinaire de Nador OLMAN-RL Laboratory BP 300 Selouane, 26702 Nador, Maroc. Email. m.elgettafi@ump.ac.ma
2. Université Cady Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Laboratoire d'Hydrogéologie BP 2390 Marrakech, Maroc.
3. Université Mohamed I, Ecole Nationale des Sciences Appliquées, BP 3, OLMAN-RL Laboratory Ajdir AlHociema, Morocco
4. Department of Geochemistry, Petrology and Geological Prospecting, Water Institute. University of Barcelona, 02028 Spain

Résumé

Groundwater's studies at middle Kert aquifer in northeast of Morocco are very important due to the semi-arid character and its geological history. The region is recognized by messinian salinity crisis already 5.6 Ma. Water chemistry is mainly dominated by dissolution of evaporate rocks (Halite and Gypsum) related to outcropping and basement limits developed in Messinian age. Freshwater with total dissolved solids 740 mg/l (average value) in Tafersite district is chemically distinct from saline water with total dissolved solids of 9803 mg/l in the south zone. The investigation reveals that weathering of evaporated rocks is the processes responsible for high Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- and SO_4^{2-} concentrations. Also, hydro chemical data displays that freshwater observed in the northwest part reflect the influence of freshwaters coming from metamorphic massive of Temsamane. The isotope compositions of these waters range from -5.74 to -4.51 ‰ for oxygen and from -40.8 to -34.1 ‰ for hydrogen. In Kert River these values are -6.47 ‰ for oxygen and -47.56 ‰ for hydrogen. All the samples with a slope < 8 do not fall on the meteoric water line indicating a light evaporation. The isotope compositions range from -2.2 to +16 ‰ for sulphur and from +5.02 to +13.86 ‰ for oxygen. In Kert River these values are -4.6 and +5.3 ‰ for sulphur and oxygen, respectively. There is fairly constant difference between oxygen of water and the oxygen of sulphate suggesting a dominant control of this latter in sulphate sources. At least three major sulphate sources were identified by the isotope data from sulphate in these waters: (1) dissolved marine sulphate from the underlying upper Miocene unit; (2) dissolved sulphate from Kert River; (3) sulphate derived from oxidation of Sulphur compounds in the metamorphic massif of Temsamane. The latter has a dilution role. The geophysical method used in this study is the Electrical resistivity tomography. It identified various electrical resistivity anomalies in the depth, and linking these anomalies at the contact with the Miocene substratum. Following this study, electrical profiles in different areas near the Kert River were identified an exchange between Kert River and the aquifer.

Key words: hydrochemical, stable isotopes, electrical resistivity tomography, salinity, NE Morocco.

Les NAMAs dans le secteur d'industrie

Meryem EL BADAoui, Abdelatif TOUZANI

Equipe Thermodynamique Appliquée et combustibles Solides (ETACS), Ecole Mohammedia des Ingénieurs (EMI), Avenue Ibn Sina BP : 765, Agdal- Rabat Maroc. E-mail : maryamgp9@gmail.com,

Résumé

Depuis la révolution industrielle, les activités humaines émettent de nombreuses quantités de gaz à effet de serre (GES) principalement le dioxyde de carbone (CO_2) et le méthane (CH_4). Ces derniers s'accumulent dans l'atmosphère et atteignent des niveaux records, ce qui conduit à une intensification de l'effet de serre et d'aboutir à de néfastes conséquences telles que l'augmentation de la température, actuellement la température moyenne terrestre (15°C) a déjà augmenté de $0,8^\circ\text{C}$ ce qui conduit à un changement climatique non désiré et selon les experts scientifiques, la température moyenne de la terre ne cesse d'augmenter en aggravant la situation et dans ce cadre, les pays du globe se sont mis en accord sur la nécessité de réduire leurs émissions de GES afin de limiter ce réchauffement à 2°C .

En vue de parvenir à cet objectif, les pays développés et ceux en voie de développement sont convoqués à contribuer à cette diminution à travers l'élaboration de divers stratégies et politiques visant l'objectif ci-dessus, et parmi ces politiques on trouve les NAMA ou bien mesures d'atténuation appropriées au niveau national. Comme aux pays du globe, le Maroc ne fait plus l'exception pour diminuer les émissions, en élaborant des programmes nationaux pour le développement durable.

A cet effet, l'objectif de notre papier s'inscrit dans cette politique en mettant en œuvre une NAMA en milieu industriel marocain en vue de minimiser le taux des émissions des GES, pour ceci une analyse sectorielle de l'industrie marocaine est établie ainsi une analyse complète sur la consommation énergétique des secteurs et plus précisément l'industrie agroalimentaire y compris ses sous-secteurs en vue de détecter des projets liés à l'efficacité énergétique ainsi que les énergies renouvelables pour diminuer l'utilisation des énergies fossiles et utiliser de plus les énergies renouvelables afin de minimiser la consommation énergétique de l'industrie agroalimentaire.

Caractérisation piézométrique et hydrochimique du système aquifère de la région comprise entre El Jadida et Jorf Lasfar en vue d'évaluer l'impact environnemental de la gestion des déchets solides (Sahel des Doukkala)

I. El Adnani*, A. Younsi*, K. IbnoNamr*, A. El Achheb*, M. Irzane* et T. ElKarzabi

*LGTE. Faculté des Sciences. El Jadida. imane.adnani90@gmail.com

Résumé

Au Maroc, le problème des déchets solides est avant tout, une contrainte à laquelle sont confrontées les collectivités locales et qui engendre des effets négatifs directs et indirects. Parmi ces effets, nous pouvons citer les problèmes de dégradation des eaux souterraines et de surface, des sols, de l'atmosphère et les risques en matière de santé publique.

Ces dernières décennies, la gestion des déchets solides est devenue l'une des préoccupations majeures, vu l'intensification des activités socio-économiques, l'urbanisation et l'essor démographique. Ceci s'est accompagné par la création de décharges contrôlées et plus précisément des Centres d'Enfouissement Technique (CET).

Notre travail s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact environnementale du CET intercommunal de la ville d'El Jadida et de la commune rurale de Moulay Abdellah, dont l'objectif principal est d'évaluer le degré et la nature de pollution des eaux souterraines aux alentours du CET, déterminer les impacts et identifier les secteurs les plus touchés par la pollution afin de proposer un certain nombre de mesures et de recommandations.

Pour répondre aux objectifs fixés, plusieurs méthodes et outils ont été choisis afin déterminer les caractéristiques climatiques, géologiques, hydrogéologiques, piézométriques et hydrochimiques de la région étudiée.

Les relevés piézométriques et les analyses physico-chimiques ont porté sur une soixantaine de puits suivis à pas de temps saisonniers. L'examen des résultats a montré que la nappe cénomanienne circule du Sud Est vers le Nord Ouest, vers l'océan, exutoire naturel de l'aquifère. Il a aussi été révélé que les sources principales de pollution de la nappe sont : les fuites de lixiviats, les fertilisants azotés et pesticides, l'intrusion marine, la dissolution de la roche réservoir, ... etc. Quant aux secteurs vulnérables à la pollution, ils sont ceux situés à proximité immédiate et à l'aval du CET ainsi que ceux de la frange côtière et des zones agricoles. A titre d'exemple, des conductivités électriques de l'ordre de 5 mS/cm et des charges salines et organiques élevées, sont fréquentes dans la région étudiée.

Mots clés : Matières organiques - Eau souterraine - Pollution - Déchets solides – CET.

Evaluation de la qualité et de l'occupation des sols dans le périmètre irrigué du bas service des Doukkala

DOUMALI Kaoutar¹ IBNO NAMR Khalid¹

¹ Université Chouaib Doukkali, Faculté des sciences, Département de géologie, BP.20,24000, El Jadida, Maroc.

Email : Kaoutar.doumali.1991@gmail.com , ibnonamr.k@ucd.ac.ma

La région Doukkala–Abda s'étend sur une superficie d'environ 13.285Km² ce qui représente 1,87% de la superficie totale du Royaume. La densité de la population y est voisine de 150,5 habitants au km² en 1997, soit plus de quatre fois celle enregistrée au niveau national.

La superficie agricole utile est de 428 000 ha dont 96 000 ha de périmètres de grande irrigation, 8 250 ha d'irrigation privée en zone côtière et 327 800 ha d'agriculture pluviale. Les périmètres de grande irrigation des Doukkala sont au nombre de deux:

- Le périmètre Bas-Service d'une superficie de 61 000 ha équipé entre les années 1930 et 1980.
- Le périmètre Haut-Service d'une superficie de 35 000 ha équipé dans les années 1990.

Depuis la mise en irrigation du périmètre bas service des Doukkala, il a connu un déséquilibre aussi bien au niveau du sol que de la nappe phréatique.

Au premier abord, l'état de la qualité des sols des Doukkala ne semble pas être alarmant. Cependant, l'observation et la comparaison des résultats des analyses entre les sols Bour et les sols irrigué laisse paraître un impact considérable quant à l'évolution des paramètres de qualité des sols sous pratiques culturales intensives.

En général, les sols des Doukkala:

- Présentent des problèmes ponctuels de salinité et de sodicité malgré la forte salinité des eaux d'irrigation
- Sont pauvres à très pauvres en matière organique
- Sont stables à médiocrement stables vis-à-vis de l'action hydrique
- Sont peu drainant et peu perméables
- Sont compactés à très compactés et présentent une semelle de labour

Des mesures pratiques en matière de réhabilitation et de prévention sont à entreprendre dans l'immédiat de manière à cerner ces problèmes et empêcher leur dégénérescence. La méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail consiste sur:

- L'échantillonnage, les mesures in situ et à l'analyse des paramètres de qualité des sols et des eaux souterraines,
- Traitement des résultats d'analyses et cartographie thématique à l'aide de l'outil SIG.

Ceci doit d'abord passer par la pratique d'une culture de conservation appuyée par un système de suivi et de surveillance de la qualité des sols et des eaux.

Mots clés : Bas service, déséquilibre, irrigation, dégénérescence.

Origine de la salinisation des eaux souterraines de l'aquifère côtier de Ghis-Nekor, Al Hoceima, (Maroc Nord)

D. Chafouq^{a*}; A. El Mandour^a; M. El Gettafi^b; M. Himi^c; A. Casas^c; I. Chouikri^a & A. Aithmane^d

^aLaboratoire GEOHYD, Université Cadi Ayyad, Faculté des sciences Semlalia, Département de Géologie.

^bUniversité Mohamed I Oujda ; OLMAN-RL Laboratoire BP 300 Selouane 62702 Nador Maroc. d.chafouq@gmail.com

^cFaculté de Géologie, Université de Barcelona, Martí i Franques, S/N, 08028 Barcelona, Spain

^dLaboratoire de chimie physique, équipe : Photocatalyse et environnement, Université Ibn Zohr, Faculté des sciences, BP 37/S, Agadir.

Résumé

L'aquifère côtier de Ghis-Nekor (Maroc) a été étudié afin d'identifier les principaux processus causant la salinisation des eaux souterraines. En effet, une approche géochimique multi traceur (chimie générale et isotopes $-\delta^2\text{H}$, $\delta^{18}\text{O}$) a été mise en perspective avec le fonctionnement hydrodynamique afin d'expliquer les processus responsables de la minéralisation des eaux souterraines, en distinguant les zones les plus vulnérables à l'intrusion marine. L'alimentation de la nappe libre logée dans des formations alluvionnaires d'âge Quaternaire se fait au niveau du barrage Al-Khattabi, Oued Nekor, Oued Ghis et sur la bordure Est de la nappe. Ces eaux montrent une minéralisation assez élevée de l'ordre de 2200 à 2500 $\mu\text{s/cm}$. Par conséquent, La majorité des puits échantillonnés dans les eaux souterraines de la plaine, montrent des valeurs élevées de la conductivité électrique ($\text{CE} >$ à la limite de la norme de potabilité 2500 $\mu\text{s/cm}$). De surcroît, la nappe a une salinité totale (TDS) très élevée (résidu sec à 180°C) de 1,6 à 7,5 g/l. La projection des résultats des analyses géochimiques des eaux souterraines dans le diagramme de Piper montre deux faciès chimiques distincts ; un faciès chloruré sodique et un faciès chloruré et sulfaté calcique et magnésien. Les teneurs en $\delta^{18}\text{O}$ oscillent entre -4,15‰ et -5,73‰, alors que Les teneurs en $\delta^2\text{H}$ varient entre -28,4‰ et 41,7‰. Les eaux des oueds Ghis et Nekor sont plus appauvries en isotopes lourds et les teneurs isotopiques sont -6.2‰ pour $\delta^{18}\text{O}$ et -40.5‰ pour le Deutérium. La quasi-totalité des puits présentent une pente <8 indiquant une légère évaporation avant infiltration. Les données montrent des d-excess faibles (oscillant entre -0.02‰ et 11.6‰) et différents, reflétant ainsi une recharge pendant des conditions climatiques différentes. L'interprétation de ces résultats dévoile clairement la faible intervention des eaux marines dans l'augmentation de la salinité des eaux souterraines de la plaine. Néanmoins, seule la zone NE qui présente un enrichissement en isotopes lourds ($\delta^{18}\text{O}$ et δD) et par conséquent une probable contamination par les eaux marines. En revanche, les puits qui ont une salinité indépendamment liée à intrusion marine, l'origine des fortes minéralisations peut être associées en premier lieu à l'accumulation des apports hydriques des oueds et du barrage de minéralisation assez importante (l'alimentation de la nappe par des eaux minéralisées des Oueds et du barrage), en second lieu à la pollution anthropique (les eaux domestiques, les intrants agricoles, usages des fosses septiques.. etc.).

Mots clés : Nord Maroc, Plain Ghis-Nekor, Salinité, Isotopes, Intrusion marine.

Suivi de la pollution des eaux souterraines par les lixiviats de décharge dans le temps (cas de la décharge de Mediouna)

S.HICHAM¹, A.FEKRI¹, O.ELHAMMOUMI¹ & C.MARRAKCHI¹

¹ Université HASSAN II de Casablanca, faculté des sciences Ben M'Sik Casablanca, département de Géologie, Laboratoire de Géologie appliquée, géomatique et environnement. H.soukaina20@gmail.com

Résumé

Le programme qui consiste à suivre la circulation des eaux souterraines au niveau de la décharge de Médiouna, est généralement entrepris pour comprendre les conditions hydrogéologiques de la nappe et afin de déterminer la qualité des eaux souterraines, pour décrire la répartition de la pollution et de délimiter le front de la panache des contaminants dans l'aquifère à long terme.

La dégradation de la qualité de l'eau souterraine représente une menace importante pour la santé publique et l'environnement. En outre, l'aquifère fracturé présente une plus grande vulnérabilité.

La décharge de Médiouna se situe à 10 km au SE de Casablanca dont les eaux souterraines circulent dans un milieu fracturé. Cette décharge s'est établie en 1983 dans des anciennes carrières de calcarénites sans présence d'un système de collecte des lixiviats.

La présente étude vise à développer un modèle conceptuel afin de délimiter le panache de pollution en aval de la décharge. Le suivi des eaux souterraines, qui vise à évaluer leur qualité, est effectuée en trois campagnes chimiques dans les périodes des hautes eaux en 2001, 2011 et 2015.

Les échantillons des eaux de puits ont été sélectionnés en amont et en aval de la décharge. Les paramètres mesurés sont projetés sous forme des cartes thématiques, comme le pH, la conductivité électrique et les éléments de majeurs ont été dosés ainsi que la demande chimique en oxygène comme indicateur de la pollution organique.

Le traitement statistique a identifié trois groupes d'eau de puits en fonction de leur élément dissous. Un premier groupe caractérisé par une forte minéralisation et un taux élevé en matière organique, le deuxième caractérisé par une faible concentration de la minéralisation et absence totale en matière organique, et un troisième groupe qui montre une concentration moyenne de minéralisation et de matière organique.

On a constaté comme résultats, la pollution progresse vers la ville de Casablanca, matérialisé par un contrôle structural exercé par les linéaments. Les valeurs élevées sont enregistrées à proximité de la décharge et diminuent dans la partie distale. Les valeurs de la matière organique sont faibles par rapport à celles de minéralisations qui présentent des fortes teneurs.

Mots clés: eaux souterraines, pollution, suivi, lixiviat, décharge.