

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Guelma 2014

Colloque International
Hydrogéologie & Géothermie
01



CIHG 01



جامعة 8 ماي 1945 - قالمة



كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض و الكون

الملتقى الدولي الاول حول :

الهيدروجيولوجيا و الطاقة الحرارية الارضية

1^{er} Colloque International

L'Hydrogéologie & la Géothermie



2014

يومي 12 و 11 نوفمبر
Les 11 et 12 Novembre

Présidents d'honneur :

Pr. NEMAMCHA Mohamed:Recteur de l'Université 8 mai 1945, Guelma, Algérie

Pr. BENOURETH Dj.-Eddine:Doyen de la Faculté SNV/STU,
Université 8 mai 1945, Guelma, Algérie

Président du colloque :

Dr KACHI Slimane

Vice président du colloque:

Dr GHRIEB Lassaad

Président du comité scientifique:

Pr. KHERICI Nacer:Doyen de la Faculté des sciences de la Terre, Université d'Annaba,
Algérie

Comité Scientifique

Pr BOUDOUKHA A/mane	Université de Batna (Algérie)
Pr BOUZENOUNE Azzedine	Université de Jijel (Algérie)
Pr BENAABIDAT Lahcene	Université de Fès (Maroc)
Pr DJERRAB Abderrezek	Université de Guelma (Algérie)
Pr DJABRI Larbi	Université d'Annaba (Algérie)
Pr ELGAYAR Attia	Université de Caire (Egypte)
Pr HANI Azzeddine	Université d'Annaba (Algérie)
Pr JACQUES Mudry	Université de Besançon (France)
Pr LAOUAR Rabah	Université d'Annaba (Algérie)
Pr LAHRACH Abderrahim	Université de Fès (Maroc)
Pr MEBARKI Azzeddine	Université de Constantine (Algérie)
Pr RUDAKOV Dmitry	Université de mine (Ukraine)
Dr BRAHMIA Ali	Université de Guelma (Algérie)
Dr ABDELFETTAH Yassine	Université New Châtel (Suisse)
Dr BAALI Fethi	Université Tébessa (Algérie)
Dr BAYOU Bouaalem	CRAAG (Algérie)
Dr CHOUABI A/madjid	Université d'Annaba (Algérie)
Dr CHAABOUR Nabil	Université de Constantine1(Algérie)
Dr GHRIEB Lassaad	Université de Guelma (Algérie)
Dr HADJI Rihab	Université de Sétif (Algérie)
Dr HOUHA Belgacem	Université de Khenchela (Algérie)
Dr KACHI Slimane	Université de Guelma (Algérie)
Dr MAOUI Amar	Université de Guelma (Algérie)
Dr NOUAR Tahar	Université de Guelma (Algérie)
Dr OULD-LAHOUCINE Chérif	Université de Guelma (Algérie)
Dr PEÑA JOSE Antonio	Université de Granada (Espagne)
Dr TERESA TEIXIDO. M.	Université de Granada (Espagne)
Dr YOUNES Hamed	Université Gabès (Tunisie)
Dr ZEDOURI Aziz	Université d'Ouargla (Algérie)

Comité d'organisation

M ^{elle} ALLIOUI Nora	Université de Guelma (Algérie)
Mr. ATTOUSSI Sadek	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} BENACER Leila	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} BENDJEDOU Dalila	Université de Guelma (Algérie)
Mr. BENYOUNES Abdelaziz	Université de Guelma (Algérie)
Mr. BOUCHELAGHEM El-Hadi	Université de Guelma (Algérie)
Mr. BOUSBIA.Issam	Université de Guelma (Algérie)
Mr. CHEMMAM Mabrouk	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} CHAHAT Nora	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} CHENAFI Farah	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} CHERAIRIA Mouna	Université de Guelma (Algérie)
M ^{elle} DERBAL Nora	Université de Guelma (Algérie)
Mr. DJEKOUN Mohamed	Université de Guelma (Algérie)
Mr. GUETTAF Mohamed	Université de Guelma (Algérie)
M ^{elle} GRARA Noujoud	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} KACHI Nora	Université de Guelma (Algérie)
Mr. KSOURI Samir	Université de Guelma (Algérie)
M ^{elle} MERABET Rym	Université de Guelma (Algérie)
Mr. NADJAH Riadh	Université de Guelma (Algérie)
M ^{elle} OUCHTATI Nadia	Université de Guelma (Algérie)
Mr. ROUABHIA Kamel	Université de Guelma (Algérie)
Mr. SAMRAOUI Boudjema	Université de Guelma (Algérie)
M ^{elle} SOUIKI Lynda	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} YALLES	Université de Guelma (Algérie)
M ^{me} ZERGUINE Karima	Université de Guelma (Algérie)
M ^{elle} ZIDI Zhor Sorour	Université de Guelma (Algérie)
Mr. ZITOUNI Ali	Université de Guelma (Algérie)

Secrétariat du colloque

Zitouni Ali
Cherairia Mouna
Zergine Karima
Benacer Leila

Ouchtati Nadia
Allioui Nora
Kachi Nora

Sommaire

Conférences plénières

LE THERMALISME DANS LE MAGHREB

Pr. BENAABIDATE Lahcen

**CLIMATE CHANGE AND WATER RESOURCES MANAGEMENT IN
ARAB COUNTRIES, CASE OF EGYPT**

Dr ATTIA Elgayar



Atelier 01 :

Hydrogéologie Karstique et Hydrothermalisme

ETUDE DU POTENTIEL HYDROTHERMAL DE HAMMAM SOKHNA. EST ALGERIEN.....	13
A. BOUDOUKHA, M. ATHAMNA, et L. BENAABIDAT	
LES SOURCES THERMOMINERALES DU NORD –EST ALGERIEN. INFLUENCE DES CONDITIONS LITHOLOGIQUES ET STRUCTURALES.....	20
S. DJORFI, S. DJORFI et M. DJIDEL	
ETAT DE LA FRACTURATION ET DE LA POROSITE DE L'AQUIFERE CARBONATE EOCENE DUDJEBEL DYR (REGION DE TEBESSA, ALGERIE NORD ORIENTALE).....	27
N. BOUROUDI, A. BOUZENOUNE, E. MERCIER et K. BOUFAA	
CARACTERISTIQUES HYDRO CHIMIQUES DES SOURCES THERMALES DE L'EXTREME NORD EST ALGERIEN.....	33
M. BENHAMZA, M-F. BEKKOUCHE et D. RIHIA	
HYDROTHERMAL WATER FROM THE TROZA BASIN: CASE OF KARST AQUIFER (CENTRAL TUNISIA).....	39
Y. HAMED, B. REDHAOUNIA, A. BEN SAAD, R. HADJI et A. DEMDOUM	
CARACTERISATION HYDROGEOCHIMIQUE DE QUELQUES EMERGENCES THERMALES DANS LA REGION DE GUELMA.....	44
A. MAOUI, Y. GUERROUI et L. GHERRIEB	
HYDRO-GEOPHYSICAL CHARACTERIZATION FOR GROUNDWATER LIMESTONES IN AMDOUN AREA (NORTH-WESTERN TUNISI.....	48
B. REDHAOUNIA, N. MOKADEM, I. ANENE, H. GABTNI, M. BÉDIRET et Y. HAMED	
ETUDE DU FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE D'UN AQUIFERE FRACTURE. APPLICATION A LA REGION DE TEBESSA (NE ALGERIEN).....	49
D. BOUTI, T.H. DEBIECHE, O. GUEFAIFIA et E. MERCIER	
ANALYSE MULTI-ECHELLE DE LA FRACTURATION POUR L'IDENTIFICATION D'UN SYSTEME DE CONTROLE D'ECOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES (EXEMPLE DE LA REGION DE SEGUI, GOUVERNORAT DE GAFSA, TUNISIE MERIDIONALE).	55
M-H. MSADDEK, Y. MOUMNI, I. CHENINI, M. DLALA et A. ZEDDOURI	
APPORT DE LA GEOCHIMIE DANS LA CARACTERISATION DU POTENTIEL GEOTHERMIQUE DES GISEMENTS HYDROTHERMAUX DES AURES.....	60
B. HOUHA, H. CHNAKAR, C. BERKANI et S. OSMANI	
MINERALISATION ASSOCIEE A LA TECTONIQUE ET L'HYDROTHERMALISME : EXEMPLE DU MASSIF DE CHAAMBI (TUNISIE CENTRALE)	61
H. ZOUARI	

CARACTERISATION CHIMIQUE ET ISOTOPIQUE DES EAUX THERMALES DE L'EST ALGERIEN ET LEUR POTENTIEL GEOTHERMIQUE.....62
H. CHENAKER et B. HOUHA

ETUDE GEOCHIMIQUE DES EAUX THERMALES DE LA REGION DE FES, MAROC.....63
S. LAZRAK, S. ER-RAOUI, O. SADKI et L. BENAABIDATE

FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES AQUIFERES KARSTIQUES ET LEUR CLASSIFICATION, APPLICATION DE L'APPROCHE FONCTIONNELLE, CAS DU SYNCLINAL DU DYR – GASTEL, W. DE TEBESSA (NE ALGERIEN).....68
H. DJEBARI et A. MAOUI

Atelier 02 :

Ressources en Eau et Environnement

QUALITY OF WATER SOURCES AND RISKS TO HUMAN HEALTH FROM TRIHALOMETHANES IN DRINKING WATER.....74
I. KLIMKINA

CONTRIBUTION DES TECHNOLOGIES SIG POUR L'AIDE A LA DECISION DANS L'IMPLANTATION DES PROJETS HYDRO-ENVIRONNEMENTAUX.....78
R. HADJI et Y. HAMED

PREPARATION DES MEMBRANES CERAMIQUES POUR MICRO ET ULTRAFILTRATION : L'INFLUENCE DE L'AJOUT D'AGENT POROGENE ET DU TRAITEMENT THERMIQUE.....87
A. CHERAITIA

CONSEQUENCES DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES PAR LES BOUES DE PHOSPHATE DANS LA REGION DE BERKA (BASSIN MINIER DE GAFSA-SW TUNISIEN).....93
A. BEN SÂAD, Y. HAMED, J. GAZBAR, R. CHIBANI, S. OTHMANI et I. GARGOURI

LES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA DE MILA : DES GRANDES QUANTITES D'EAU MOBILISEES, DES PENURIES ET DES SERVICESINTERMITTENTS.....98
B. SOUKEHAL et H. HADF

MISE EN EVIDENCE DE L'ORIGINE DE LA SALINISATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA NAPPE DE MESKIANA NE ALGERIEN.....107
L. GOUAIDIA, O. GUEFAIFIA, N. DEFAFLIA et M.L. HEMILA

ESTIMATION DE LA CHARGE SOLIDE ET ETAT D'ENVAISEMENT DU BARRAGE D'ELIZDIHAR (CAS DU SOUS BASSIN VERSANT DE L'OUED ISSER).....114
D. BALOUL, A-N GHENIM et A. MEGNOUNIF

ESTIMATIONS DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DANS LA REGION DE TOUGGOURT ET DETERMINATION DE LEUR QUALITE PAR METHODE STATISTIQUE.....	119
S. HABES, L. DAJBRI, B. BOUGUENNOUR et H. BENATTALAH	
MULTI-STEP AHEAD FORECASTING OF DISSOLVED OXYGEN CONCENTRATION (DO) IN RIVER ECOSYSTEM USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BASED APPROACH: A CASE STUDY.....	120
S. HEDDAM, I. LADLANI, L. HOUICHI et L. DJEMILI	
LES SOURCES DE SERAÏDI - NOTE SYNTHETIQUE SUR LES DONNEES ACQUISES.....	126
L. BELOULOU et K. LAHMAR	
ORIGINE DE LA SALINITE ET MODELISATION THERMODYNAMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DES AQUIFERES DE KHENCHELA.....	131
I. BOUMAIZA, B. HOUHA, Z. BOUGANDOURA et S. BOUMAIZA	
ORIGINE ET QUALITE DES RESSOURCES EN EAU DE LA PLAINE DE HAMMAMET. REGION DE TEBESSA NORD-EST ALGERIEN.....	136
O. GUEFAIFIA, L. GOUAIDIA et M.L. HEMILA	
INFLUENCE DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICLES SUR LA STRUCTURE DU PEUPEMENT ICHTYOLOGIQUE DANS LE BASSIN DE LA SEYBOUSE NORD-EST DE L'ALGERIE.....	138
E. BOUCHELAGHEM et B. SAMRAOUI	
ELIMINATION DES NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES PAR ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF EN POUDRE (CAP).....	144
O. Kheliel, L.YOUCF, A-E-K OUAKEOUAK et S. ACHOUR	
ETUDE HYDROCHIMIQUE DES EAUX DE LA ZONE DE FOUM EL GUEISS WILAYA DE KHENCHELA (EST ALGERIE).....	149
S. LAKHDARI, B. HOUHA, H. SMAIL et Y. NEDJAR	
QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ET RISQUE DE POLLUTION EN MILIEU LITTORALE-CAS DE LA NAPPE DE COLLO (NE ALGERIE).....	152
M. BOULABEIZ, B. HOUHA et H. BOUSNOUBRA	
POTABILITE ET ORIGINE DE CHIMISME DES EAUX D'UNE NAPPE CAPTIVE (CAS DE LA NAPPE DU COMPLEXE TERMINAL DU SOUF).....	157
S. KHECHANA, A. MILOUDI et E-F. DERRADJI	
HYDROCHIMIE DES EAUX COMMERCIALISEES AU MAROC.....	164
M. EL GHAZI, M. EL OUAZZANI CHAHDI , H. ENNABIH, O. SADKI et L. BENAABIDATE	

IMPACT DES REJETS DOMESTIQUES ET INDUSTRIELS DES VILLES DE MAGHNA (OUEST ALGERIEN) ET DE OUJDA (EST MAROCAIN) SUR LES EAUX DE L'OUED MOULLAH.....169
L. BENADDA, S. BOULEFRED, A. CHIBOUB FELLAH

MISE EN EVIDENCE DE LA POLLUTION ORGANIQUE DES EAUX DE LA PLAINE DE COLLO (W-SKIKDA).....170
L. SAYAD, H. KHERICI-BOUSNOUBRA, N. DROUCHE, M. HOUHAMDI et N. KHERICI

INTENSIFICATION AGRICOLE ET RISQUE DE POLLUTION AZOTEE DESEAUX SOUTERRAINES (Cas du périmètre irrigué de Guelma-Boumahra).....171
N. KACHI, S. KACHI et H. BOUSNOUBRA

DOSAGE DE RESIDUS DE PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES AU NIVEAU DES SEDIMENTS: CAS DE L'OUED SEYBOUSE ET SES AFFLUENTS DANS LE SOUS BASSIN DE GUELMA-NORD-EST ALGERIEN.....172
M. GUETTAF, Z. IHDENE et A. MAOUI

Atelier 03 :

Impact du changement climatique sur la recharge des nappes

ANALYSE FREQUENTIELLE DES PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES AU NIVEAU DE LA VILLE DE SKIKDA. (NORD-EST ALGERIEN).....173
S. GUECHI, L. BELOULOU et S. DJORFI

EVALUATION DE LA CONTRIBUTION DU SECTEUR DE PRODUCTION DES FERTILISANTS EN ALGERIE AU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE.....178
A. MAKHLOUF, T. SERRADJ, H. CHENITI, S. GUERRAICHE

ESTIMATION DE L'INTENSITE DE L'EROSION HYDRIQUE A L'AIDE DE QUELQUES PARAMETRES PHYSIQUES, CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED BOUNAMOUSA NORD-EST ALGERIEN.....184
H. BOUZERIA, K. KHANCHOUL et N. GHENIM ABDERRAHMEN

DEVELOPPEMENT D'UN LOGICIEL DE SIMULATION DES DONNEES HYDROCLIMATIQUES. EXEMPLE D'UN AQUIFERE EN ZONE SEMI-ARIDE 191
S-E li RAHMANI, B. CHIBANE et A. BOUCEFIENE

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE, STRATIGRAPHIQUE ETPALEOENVIRONNEMENTALE DES FORMATIONS QUATERNAIRES ALLUVIONNAIRES DE CITE D'OUM ALI, W DE TEBESSA. N-E ALGERIE....195
N. DEFAFLIA, L.GOUIDIA, S. ABDESSADOK, A. DJERRAB

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FUTURE NITRATE CONCENTRATION IN GRUNDWATER OF THE BLED ABIDA BASIN-EL KEF REGION (NW TUNISIA).....201
Y. AYADI, N. MOKADEMA, B. REDHAOUNIA et Y. HAMED

DIAGNOSTIC DE L'IMPACT DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LA DISPONIBILITÉ ET LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE (CAS DE LA WILAYA DE TLEMCCEN, ALGERIE NW).....206
N. HAMZA, M. BENYAHYA et L. HAMEL

CARACTERISATION DE LA SECHERESSE METEOROLOGIQUE EN UTILISANT LES INDICES DE SECHERESSES AU NIVEAU DE SEPT PLAINES DU NORD OUEST ALGERIE.....207
K. ACHOUR et M. MEDDI

ANALYSIS AND ASSESS OF THE CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACT ON WATER RESOURCES BASED ON THE GIS TECHNOLOGY IN THE DJERID BASIN-SOUTHWEST TUNISIA.....208
F. KHLIFI, N. MOKADEM, S. MHAMDI, Y. AYADI, B. REDHAOUNIA et Y. HAMED

Atelier 04 :

Prospection, exploitation et gestion durable des ressources en eau et énergie

PROJET DE CONSTRUCTION DU NOYAU D'UNE ECO VILLE SOLAIRE LES VILLES DE DEMAIN.....213
M. GUEMRA et N-E. MIZANE

CONFRONTATION ENTRE MOBILISATION ET OFFRE DE LA RESSOURCE HYDRIQUE AU NORD EST ALGERIEN.....217
S. TITI BENRABAH, H. BOUSNOUBRA, S. BAHROUN et S. BOUNAB

L'UTILISATION DE L'EAU GEOTHERMALE DANS L'AMELIORATION DES PRODUCTIONS MARAICHERES DANS LES REGIONS SAHARIENNES.....223
F. BEN SAYAH

UTILISATION DE SIG ET GÉOPHYSIQUE POUR MODÉLISER L'HYDRODYNAMISME DU CONTINENTAL INTERCALAIRE DANS LE BASSIN DE GABÈS (SUD-EST DE LA TUNISIE) –AFRIQUE DU NORD.....229
S. MHAMDI, F. KHLIFI, N. MOKADEM, M. GOUASMIA et Y. HAMED

ETUDE DE LA VARIATION DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE EN FONCTION DELA POROSITE - DONNEES DU FORAGE HS-36 DE L'ISLANDE.....233
S. OUALI, S-H. HARALDSDÓTTIR, Z. BENAÏSSA et A. BENAÏSSA

LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE : COMPARAISON ENTRE VALEURS MESURÉES ET VALEURS PRÉDITES.....238
M-A. BECHKIT, A. BENTELLIS et N. CHABOUR

LE PALEOGENE AU JEBEL CHERAHIL (AXE NORD-SUD, TUNISIE CENTRALE) : ASPECT RESERVOIR ET IMPLICATION HYDROGEOLOGIQUE.....244
A. CHERMITI, Y. MOUMNI, M'H. MSADDEK et M. BEN YOUSSEF

COMBINATION OF GEOPHYSICAL AND GIS METHODS FOR THE DEVELOPMENT OF 3D MODELS IN THE MULTI-AQUIFER SYSTEM OF NORTH GAFSA BASIN (CENTRAL TUNISIA).....	249
N. MOKADEM, B. REDHAOUNIA, A. DEMDOUM, Y. HAMED, S. BOURI et R. HADJI	
ETUDE DE LA POSSIBILITE D'UTILISER L'ENERGIE GEOTHERMIQUE DES SOURCES GEOTHERMALES SITUES AU GUELMA, DANS LE SYSTEME A ABSORPTION.....	255
K. SALHI, M-M. HADJIAT, A. BOURABAA et A. HAMIDAT	
APPROCHES ACTUELLES DE RECHERCHE ET DE PROSPECTION DES SOURCES THERMALES, CAS DE LA SOURCE THERMALE DE GUERDJIMA, BATNA EST ALGERIEN.....	260
A. ATHAMENA, M. ATHAMENA, A. BOUDOUKHA et F. DJAIZ	
POTENTIALITES GEOTHERMIQUES DU BASSIN VERSANT DE SEBOU, MAROC.....	268
L. BENAABIDATE et O. SADKI	
NAPPE PHREATIQUE COTIERE DE METLINE-RAS JEBAL-RAF RAF (NE DE LA TUNISIE) : ROLE DU DOME PIEZOMETRIQUE DE SOUNINE ET DE SES EFFETS SUR LA NAPPE ET SON SUREXPLOITATION.....	273
Z. MEJRI	
GEOTHECNICAL DESIGN OF GEOTHERMAL ENERGY USEBASED ON THE RESOURCES OF NON-OPERATED MINES.....	274
I.O. SADOVENKO, D.V. RUDAKOV et I.O. INKIN	

Conférences plénières

LE THERMALISME DANS LE MAGHREB

Prof. BENAABIDATE Lahcen

Email: benaabidate@yahoo.fr

CLIMATE CHANGE AND WATER RESOURCES MANAGEMENT IN ARAB COUNTRIES, CASE OF EGYPT

Dr ATTIA El Gayar

International Expert

Professor of soil –water management, attiaelgayar@yahoo.com

Résumés étendus

Atelier 01 :

Hydrogéologie Karstique et Hydrothermalisme

ETUDE DU POTENTIEL HYDROTHERMAL DE HAMMAM SOKHNA. Est algérien.

¹BOUDOUKHA Abderrahmane, ¹ATHAMNA Malika, et ²BENAABIDAT Lahcen

¹Laboratoire de recherche en hydraulique appliquée. Université de Batna, Algérie.

²Laboratoire des Géosciences et Environnement. Faculté des sciences et techniques. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah. Fès Maroc.

RESUME.

La typologie chimique de la source thermale de Hammam Sokhna a été surtout étudiée à l'aide d'outil géochimique en utilisant la modélisation inverse. L'application des différents diagrammes a permis de déterminer le faciès, l'origine et l'état d'équilibre de la phase solide avec la phase liquide. Ceci a permis de constater que les eaux sont sulfatées, chlorurées, sodiques. Cette parenté géochimique est liée à la dissolution des minéraux évaporitiques, à la précipitation de minéraux carbonatés et à l'altération des silicates. La modélisation inverse montre que la phase liquide contient 36% de sulfates, 29% de carbonates et 7% de silice. L'origine de l'eau est en partie due à l'infiltration des eaux météoriques circulant en profondeur dans les roches sédimentaires.

Mots clés. Source thermale, Géochimie, Modélisation.

Keywords: Hot Springs, Geochemistry, Modeling

Introduction

Les eaux thermales acquièrent un nouvel intérêt pour l'homme et leurs systèmes hydrothermaux représentent une ressource énergétique qui a l'avantage d'avoir un faible impact sur l'environnement. La source de Hammam Sokhna se trouvant au sud sétifien dans l'Est algérien, fait partie de cet ensemble géothermale dont la température de l'eau à l'émergence varie entre 25 °C et 43 °C (BOUDOUKHA et ATHAMENA, 2012). Cette source est très sollicitée par de nombreux forages d'une profondeur moyenne (< 120 m) qui alimentent de nombreuses stations. Cette source émerge au milieu d'une vaste dépression relativement plane (900 à 910 m) sur la limite nord d'un lac salé (Chott El Baida) entourée par

de nombreux massifs montagneux. Les eaux de cette source thermale sont considérées comme des eaux à vertu thérapeutique, exploitées de plus en plus de façon moderne. La présente note se propose, par le biais d'outils géologique, géophysique, géochimique et géothermométrique, d'apporter une contribution qui permettra de mieux comprendre les mécanismes géochimiques responsables de cette typologie chimique.

METHODES ET MATERIEL

Géologie

La région de Hammam Sokhna appartient au domaine sud sétifien où affleurent les formations carbonatées du Jurassique et du Crétacé. WILDI, 1983. Au Nord, on a Djebel Tnoutit, au Sud, Djebels Tafoure et Roknia, au Nord Est, Djebel Rokbet Ledjmel et à l'Ouest, Djebel Tella. On y rencontre également un affleurement du Trias salière au Nord Est à Djebel Garsa. Le centre de la plaine est caractérisé par la présence de deux terrains, le Quaternaire et le Mio-Pliocène. VILA, 1980. Fig. 1. L'analyse structurale de la région de Sétif, laisse apparaître plusieurs phases tectoniques, mais c'est la dernière, post-tortonienne qui est responsable de l'orographie actuelle. VILA, 1980.

Gravimétrie et géothermie

La carte gravimétrique de l'Algérie du Nord (LAGRULA, 1951), fait apparaître les zones à anomalies positives et les zones à anomalies négatives. Plusieurs auteurs estiment que l'anomalie positive de ces zones ne s'explique que par une position du socle très proche de la surface. GRANDJEAN et AL., 1965. Dans les zones à anomalies positives, émergent la majorité des sources chaudes en particulier les sources hyperthermales et mésothermales (BOUCHARB-HAOUCHINE, 2012) dont fait partie la source de Hammam Sokhna (39.2 à 44.5°C). D'autre part, la carte du gradient géothermique (KAZI TANI, 1986), montre que la source thermale de Hammam Sokhna, est située sur la zone à forte anomalie géothermique (4 à 4.5°C). Il s'avère donc que cette source thermale émerge dans une zone où toutes les conditions géophysiques et géothermiques sont favorables.

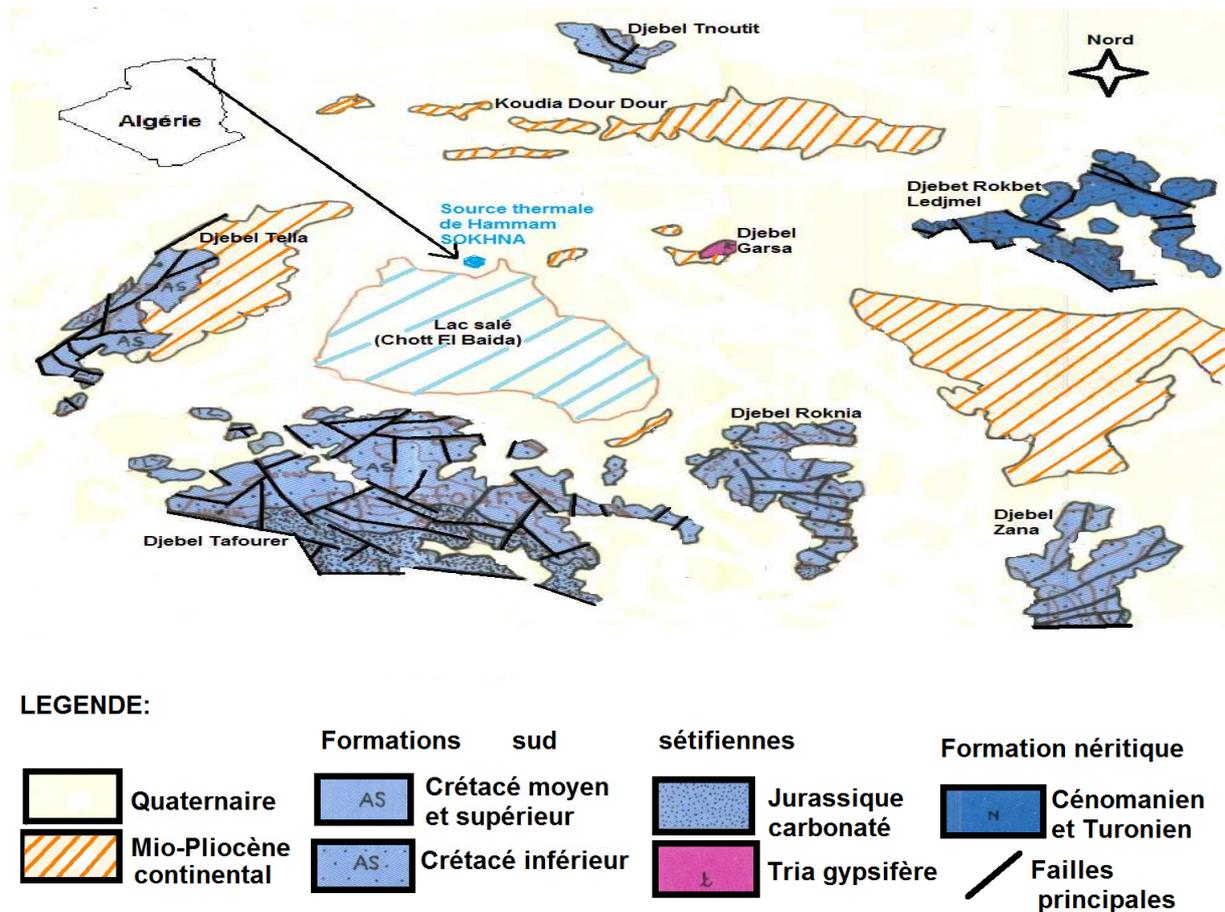


Figure 1. Carte géologique schématique de Hammam Sokhna.

Climatologie et Hydrogéologie

Le climat de la région est de type méditerranéen, avec des précipitations qui varient entre 250 et 300 mm. La température moyenne annuelle est de 15 °C, (MEBARKI, 2009) où l'évaporation reprend près de 95% des précipitations alors que la recharge des aquifères est relativement faible (<2%). BOUDOUKHA et al., 2006.

Les nombreuses études hydrogéologiques entreprises dans la région ont permis de mettre en évidence deux grands types d'aquifères. Le premier aquifère superficiel est à porosité d'interstice et se trouve dans les formations du Mio-Plio-Quaternaire, le second se trouve dans les formations carbonatées karstifiées du Jurassique et du Crétacé. Les deux aquifères sont séparés par une épaisse couche d'argile imperméable du Miocène.

Les diverses stations thermales se trouvant à Hammam Sokhna, sont alimentées par six forages qui ont été réalisés dans un périmètre de 500 m du griffon de l'ancienne source. Cette situation a provoqué la disparition de la source et de l'étang qui occupait une superficie de près de 2 hectares. La profondeur de ces forages varie entre 60 et 120 m et leurs débits d'exploitation varient entre 5 et 10 l.s⁻¹. Le niveau statique de la nappe varie entre 1 et 10 m

en s'éloignant de l'ancien griffon et il ne cesse de diminuer. Il est passé ainsi de 0 m en 2000 à 10 m en 2010.

Echantillonnage d'eau et analyses chimiques

Trois campagnes de terrain, conduites en 2006, 2008 et 2009 ont permis d'échantillonner les eaux thermales de la source de Hammam Sokhna. Tableau 1.

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques des eaux de la source thermale de Hammam Sokhna exprimés en mg.l^{-1} .

Année	CE $\mu\text{S.cm}^{-1}$	T _{eau} °C	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂
2006	3600	39.2	7.65	160	94	475	12	860	876	329	21.1
2008	3200	43.4	7.55	174	52	430	10	775	870	207	25.3
2009	3710	44.5	7.25	153	58	420	12	814	830	232	27.2

Modélisation

La modélisation géochimique inverse est utilisée pour calculer la spéciation des minéraux et les indices de saturation de ces derniers. Il existe de nombreux logiciels de modélisation, comme le programme PHREEQ/C (PARKHURST et al., 1980).

RESULTATS ET INTERPRETATION

Hydrogéochimie

Ces eaux thermales émergent avec une température qui varie entre 39.2 °C et 44.5 °C. Ces eaux sont considérées, selon la classification de Castany, comme mésothermales. Le pH de ces eaux est légèrement alcalin ($7,25 < \text{pH} < 7,65$) et la salinité est moyenne étant donné que la conductivité électrique varie entre 3200 et 3710 $\mu\text{S.cm}^{-1}$. La salinité de l'eau de la source thermale permet donc de noter que la circulation de l'eau s'est faite en grande partie dans des terrains non salifères, probablement dans un système de failles affectant les formations carbonatées en liaison avec des formations terrigènes salifères. Le faciès chimique de l'eau est de type SO₄-Cl-Na. Le diagramme de Langelier-Ludwing (Fig. 2) montre que l'augmentation de la concentration des chlorures et des sulfates se fait en parallèle avec celle du sodium et du potassium. Les fortes teneurs de Na⁺, Cl⁻ et SO₄²⁻, peuvent suggérer la dissolution des sels de chlorures, de sulfates, la pyrite ou la marcassite.

Géothermométrie

Pour estimer la température du dernier équilibre thermodynamique, on a appliqué plusieurs géothermomètres, mais il semble que celui de la silice (quartz) est le mieux adapté aux eaux

thermales du Sud sétifien. BOUDOUKHA et ATHAMENA, 2012. Pour la source de Hammam Sokhna, les points s'alignent sur la courbe de la calcédoine. Fig. 3. Les températures des eaux, estimées à l'origine à l'aide du géothermomètre calcédoine (ARNORSSON, 1975), varient entre 72.7 et 79.8 °C. On remarque que les valeurs calculées sont supérieures aux valeurs mesurées, suite à une dissipation moyenne de 32°C au cours de la remontée d'eau du réservoir jusqu'à la surface du sol. Cette dissipation pourrait être due, soit à un mélange avec les eaux de surface, soit à la diffusion thermique liée au long trajet parcouru par ces eaux. Placées dans le diagramme triangulaire K-Na-Mg^{1/2} de GIGGENBACH (1988) les eaux de la source thermique de Hammam Sokhna, se montrent influencées en partie par une dilution par les eaux superficielles infiltrées, probablement dans les formations carbonatées karstifiées du Jurassique et du Crétacé. Fig. 4.

Modélisation

Le chimisme de l'eau est acquis par l'interaction de l'eau avec les roches encaissantes. Ce mécanisme a été étudié à l'aide de l'indice de saturation (IS) de quelques minéraux évaporitiques, carbonatés, la silice et le CO₂dissous. Cette modélisation a permis également d'aboutir à la distribution des espèces pouvant exister dans la solution. La solution est dominée par les évaporites qui représentent 36%, suivies par les carbonates avec 29% et la silice avec 7%. Le reste est représenté par les ions en solutions. Ces indices montrent que, outre la halite, tous les minéraux sont sursaturés (IS>0), traduisant un temps de contact avec la roche assez long pour permettre leur dissolution. Les indices positifs des minéraux carbonatés indiquent que l'eau a subi des changements importants suite à un dégazage de CO₂ (IS<0) à cause de l'élévation de la température de l'eau, générant la précipitation de la calcite. La modélisation a permis de que l'interaction eau-roche est le principal mécanisme de l'évolution de la chimie de l'eau selon le modèle suivant :

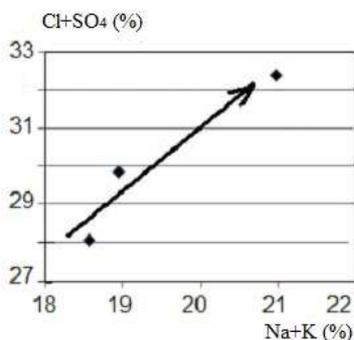


Figure 2. Diagramme de Langelier-Ludwing.

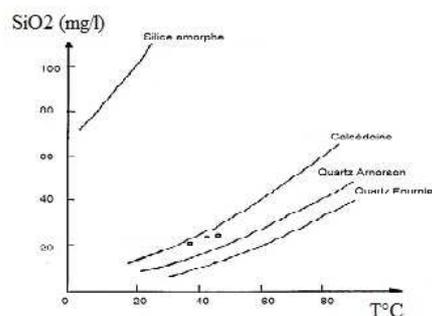


Figure 3. Relation Température-Silice.

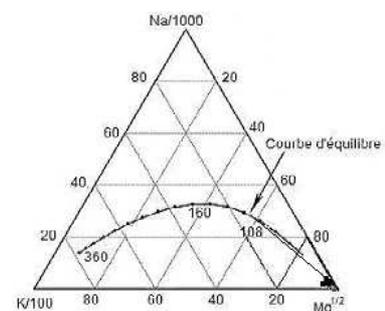


Figure 4 Diagramme de Giggensbach.

Aragonite (CaCO_3) + smectite ($(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Mg})_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})_3(\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) + gypse $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ + CO_2 (g) + halite (NaCl) + H_2O chaude \rightarrow enrichissement de l'eau surtout en SO_4^{2-} , Na^+ et Cl^- selon les réactions citées plus haut. La teneur en Ca^{2+} , Mg^{2+} et HCO_3^- n'étant pas dominante, et ces ions ont dû précipiter sous forme de carbonates.

Conclusion

L'étude du chimisme de l'eau de la source thermale de Hammam Sokhna à l'aide des différents outils géologiques, géophysiques, hydrochimiques, couplé avec la modélisation inverse, a permis de déterminer ses caractéristiques typologiques. De faciès sulfaté, chloruré, sodique, l'eau de la source thermale a acquis cette typologie en grande partie en profondeur où la température moyenne est de 75°C . Ces conditions ont permis d'altérer les différents minéraux tels que l'aragonite, la dolomite, la smectite et le gypse, en présence du CO_2 dissous dans l'eau comme l'a montré la modélisation inverse. Dans ces conditions, les différentes valeurs de l'indice de stabilité montrent que l'eau se trouve sursaturée en anhydrite, aragonite, calcite, calcédoine, chrysolite, dolomite, gypse, sépiolite, talc et en silice mais sous-saturée uniquement en halite selon les différentes. Cette circulation permet alors la dissolution des minéraux évaporitiques la précipitation de minéraux carbonatés et l'altération des silicates.

Bibliographie

- ARNORSSON, S. 1975. Application of the silica geothermometer in low-temperature hydrothermal areas in Iceland. *American Journal of Science*, 275, 763-784.
- BOUCHARB-HAOUCHINE Fatima Zohra. 2012. *Etude hydrochimique des sources thermales de l'Algérie du Nord. Potentialités géothermiques*. Thèse de Doctorat d'Etat en Sciences de la Terre. Spécialité : hydrogéologie. Fac. Sc. Terre. Géo. Amen. USTHB. Alger.
- BOUDOUKHA A. et ATHAMENA M., 2012. Caractérisation des eaux thermales de l'ensemble sud sétifien. Est algérien. *Revue des Sciences de l'Eau* 25(2) 103-119.
- BOUDOUKHA A., D. KHAMOUDJ et L. DJABRI (2006). Conséquence d'une surexploitation d'un aquifère en pays semi-aride : cas de la nappe superficielle d'El Eulma (Est Algérien). *L'eau souterraine dans les Pays Méditerranéens*, 17, 459-465.
- GIGGENBACH W.F. (1988). Geothermal solute equilibria, Derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. *Geochim. Cosmochim.*, 52, 2749-2765.
- GRANDJEAN A., GUIRAUD R. et POLVECHE J. (1965): Le séisme de M'Sila, travaux de collaborateurs. Bull. serv. Géol. Algérie
- KAZI-TANI N. (1986): Evolution géodynamique de la bordure nord-africaine : le domaine intraplaque nord-algérien. Approche mégaséquentielle. Thèse Doctorat Es-Sciences, Université de Pau, France, 871 pp.
- LAGRULA J. (1951): Etude gravimétrique de l'Algérie – Tunisie. Bull. Serv. Carte Géol. Algérie, 4ème série, Géophysique n°2, pp 99-106.
- MEBARKI A. (2009). Ressources en eau et aménagement en Algérie. Les bassins hydrographiques de l'Est. Office des Publications Universitaires, Algérie, 389 p.

PARKHURST D.L., D.C., THORSTENSON et L.N., PLUMMER (1980). PHREEQC. A Computer Program for Geochemical Calculations. *US Geol. Surv. Water-Resources Invest. Rept*, 80-96.

VILA J.M (1980). La chaîne alpine d'Algérie orientale et les confins algéro-tunisiens. Thèse de Doctorat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 665 p.

WILDI W. (1983). La chaîne tello-rifaine (Algérie, Maroc, Tunisie) : structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. Geol. Dynam. Geogr. Phys.*, Paris, Masson, 201-297.

LES SOURCES THERMOMINÉRALES DU NORD –EST ALGÉRIEN. INFLUENCE DES CONDITIONS LITHOLOGIQUES ET STRUCTURALES

DJORFISamir¹, DJORFI Saadane¹, DJIDEL Mohamed²

¹ Laboratoire des Ressources Naturelles et Aménagement, Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba, Algérie. samirdjorfi@gmail.com

² Laboratoire de Bio ressources Sahariennes, Préservation et valorisation, Université Kasdi Merbah, BP 511, Ouargla 30000 Algérie. djidelm@yahoo.fr

Résumé

Le Nord-est Algérien possède des potentialités énormes en eau minérales et thermales dont la majorité des sources sont captées d'une manière artisanale et parfois complètement dépourvues de captage. La diversité physico chimique de ces sources constitue une richesse inestimable dans le domaine de la santé et du tourisme. Dans le but d'élucider le mode de gisement et de circulation de ces eaux, et par conséquent permettre une utilisation rationnelle, ces dernières ont été étudiées en rapport avec les conditions lithologiques et structurales. En effet, elles émergent au sein de formations, généralement, carbonatées calcaires ou dolomitiques affleurant dans les régions de Constantine, Guelma, El-Taref et Souk-Ahras. Il s'agit d'un vaste domaine faisant partie du nord-est Algérien, caractérisé par un relief fort et contrasté et un climat typiquement méditerranéen. Les contrastes orographiques et l'éloignement de la mer sont les principales lois régissant les précipitations. L'influence de ces dernières sur les sources thermales se fait sentir lorsque les conditions lithologiques (zone d'alimentation) et structurales (failles profondes) sont favorables.

Mots-Clés : Sources thermales, lithologie, structure, Algérie.

I- INTRODUCTION

Les sources thermo minérales du Nord-est Algérien, se concentrent sous forme de « nids » respectivement dans les régions de Constantine, Guelma, El-Taref et Souk-Ahras. Il s'agit d'un vaste domaine marqué par un relief fort et contrasté et un climat typiquement méditerranéen soumis, dans sa partie sud, à l'influence continental du Sahara. La diversité physico chimique de ces sources constitue une richesse inestimable dans le domaine de la santé. La connaissance du mode de gisement et de circulation de ces eaux permet leur exploitation rationnelle. Le présent travail constitue une contribution à la mise en relief de l'influence lithologique (zone d'alimentation et aquifère) et structurale (failles et circuits hydrothermaux) sur les caractéristiques physico chimiques de ces eaux.

II- MATERIELS ET MÉTHODES

2.1. Conditions physico-géographiques de la région

La région d'étude est limitée au Nord par la Méditerranée, au Sud par le Sahara, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne et à l'Ouest par le parallèle passant par Béjaïa et Sétif. Du point de vue orographique, on y subdivise trois unités : l'atlas tellien (1800m), les Hauts plateaux (1000-1200m), et l'Atlas Saharien (2328m). Les conditions climatiques de la région sont soumises à l'influence de la mer et des Atlas Tellien et Saharien. On y distingue deux zones climatiques : Au Nord, l'influence de la mer est très importante, les précipitations peuvent atteindre jusqu'à 1200 mm/an. Au Sud, le climat est principalement continental avec des valeurs oscillant entre 140 et 500 mm/an (fig. :1).

2.2. Caractéristiques hydrogéochimiques et litho structurales des eaux thermo minérales

La complexité lithostructurale de la région est marquée par l'empilement d'unités allochtones numidiennes et telliennes respectivement à dominantes argilo-gréseuse et marno-carbonatée. Les seules formations supposées autochtones et continues en profondeur sont représentées par le néritique. Ce dernier lorsqu'il affleure à la surface constitue des zones d'alimentation partielle des eaux thermales d'où les débits relativement importants (100 l/s). Les sources émergeant à ce niveau ont montré des fluctuations saisonnières de débits et températures plus ou moins importantes (Hammam Ouled Ali).

Les réseaux de failles sub-atlasique et kabyles mettant à jour les évaporites conditionnent, dans de larges mesures, le chimisme des eaux thermales. Des minéralisations excessives ont été relevées au niveau des sources émergeant à la faveur de failles affectant les formations évaporitiques (Hammam Kheneg). La cartographie des micro-éléments, d'éléments radioactifs et des gaz des eaux thermales de la région étudiée a mis en évidence, d'une part, la relation entre les circuits hydrothermaux et les failles profondes, d'autre part, la relation entre le chimisme des eaux et le cadre lithologique et structural.

III- RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Le traitement des éléments chimiques montre que leur rapport et leur relation diffèrent d'une source à l'autre. Ainsi la teneur des bicarbonates dans ces eaux varie de 0 à 1086 mg/l, celle des sulfates de 320 à 439 mg/l, celle des chlorures de 28,4 à 17193 mg/l. La teneur des cations varie de 14,7 à 4114,6 mg/l pour le sodium, de 2,4 à 442,3 mg/l pour le magnésium et de 15,4 à 430 mg/l pour le calcium. La minéralisation des eaux varie de 0,4 à 60,5 g/l. Les eaux fortement minéralisées se localisent dans la zone dite province des diapirs triasiques. D'autre

part les eaux étudiées renferment de précieux éléments thérapeutiques (I, Li, As, Sr, Fe, Zn etc...) [3]. L'existence du Radon dans certaines eaux thermales est très caractéristique et attire l'attention sur son influence sur l'organisme humain. Parmi les micro-éléments existants dans les eaux étudiées, on distingue : le Lithium (0,17 – 3,6 mg/l), le Strontium (0,33 – 70 mg/l), le Fluor (0,43 – 3,5 mg/l), le Manganèse (0,02 – 0,07 mg/l), le Fer (0,01 – 0,04 mg/l), la silice dissoute (16,4 – 84 mg/l). A la différence des autres micro-éléments, l'Iode existe dans un nombre réduit d'émergence (0,01 – 0,2 mg/l). L'Arsenic existe uniquement dans les eaux de Hammam Meskhoutine (0,5 mg/l).

L'existence des micro-éléments dans ces eaux est souvent liée aux diapirs gypsifères du Trias. Les principaux gaz dissous sont d'origines atmosphériques et biochimiques : CO₂, H₂S, N₂, Rn. Les eaux carbogazeuses se localisent dans le domaine plissé Tellien. Elles émergent à la faveur des failles de direction Nord-Est. La teneur du CO₂ dans ces eaux varie de 97 à 100% du volume gazeux total. Les eaux carbogazeuses-sulfurées sont largement répandues dans la terminaison orientale de l'Atlas Saharien où affleurent les diapirs du Trias. La teneur de H₂S peut atteindre 14 mg/l. Les eaux carbogazeuses à Radon émergent uniquement dans le domaine plissé tellien. La teneur du CO₂ varie de 0,4 à 750 mg/l, celle du Radon de 0,69 à 155 µc/l. La majorité de ces eaux appartient à la classe hyperthermale. Les eaux azotées carbogazeuses sont réparties dans la partie occidentale de la région d'étude. La teneur de N₂ varie de 0,3 à 7 mg/l, celle du CO₂ varie de 40 à 300 mg/l.

Ainsi la diversité des caractéristiques physico-chimiques des eaux étudiées nous a permis de proposer une classification générale orientée vers les indications thérapeutiques. Cette dernière tient compte, d'une part de la prédominance des anions et des cations, d'autre part, de la composition en gaz dissout, de la température et de la minéralisation des eaux. Elle a l'avantage de préciser le faciès chimique et de donner les autres caractéristiques physico-chimiques de l'eau (tab : 1). Comme elle montre que le faciès chimique des eaux thermales, par sa diversité, reflète la complexité litho structurale des zones d'émergence. Des sources supposées appartenir au même « nid » montrent des faciès différents ; c'est le cas par exemple de Hammam Meskhoutine (chloruré-sodique), H. Ouled Ali (sulfaté-calcique) et H. Bredaa (Bicarbonaté-magnésien).

Dans le contexte thérapeutique, on a déterminé 05 groupes principaux d'eaux thermo minérales comprenant 14 classes, 29 sous-classes et 41 variétés dont 13 carbogazeuses, 20 carbogazeuses-sulfurées, 04 carbogazeuses à radon, 04 azotées-carbogazeuses et 07 sans

éléments spécifiques. Selon la température, on subdivise 04 classes : Hypo thermales (12 – 20 °C), Méso thermales (20 – 37 °C), Ortho thermales (37 – 42 °C) et Hyperthermales ($T^{\circ} > 42^{\circ} \text{C}$).

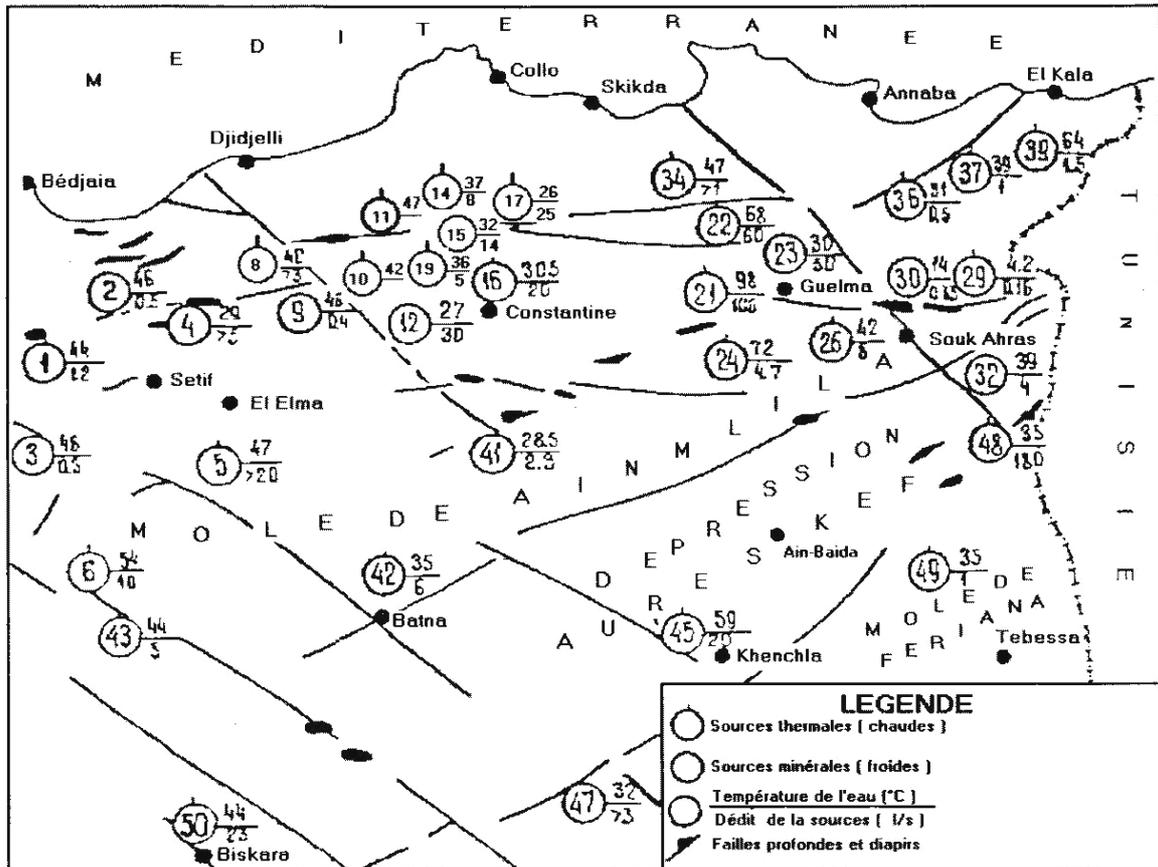


Fig.1: Carte structurale des sources thermominérales du N-E algérien

La répartition des émergences étudiées est liée, d'une part, aux affleurements calcaires et dolomitiques appartenant au domaine néritique relativement abondants dans la région d'où le caractère de « nid de sources », d'autre part, à l'existence de failles profondes actives servant de circuits hydrothermaux pour les eaux chaudes.

Tableau 1 : Classification des sources thermominérales du Nord Est algérien

Classes selon la prédominance des anions	Sous classes selon la prédominance des cations	Principaux groupes thérapeutiques (seuls les N° des sources sont reportés)					Température °C			Minéralisation (g/l)	N° et liste des sources thermo minérales (H : Hammam)
		Sans éléments spécifiques	Carbogazeuses	Carbogazeuses sulfurées	Carbogazeuses à Radon	Azotées carbogazeuses	Hypo et Mésothermes	Ortothermes	Hyperthermes		
HCO ₃	Na		53				15			1.8	1- H. Guergour 2- Ain Elhamda ; 3- H. Ouled Yelles, 4- H. Dehamcha, 5- H. Soukhna, 6- H. Boutaleb, 7- H. Ouled Tebben, 8- H. Ouled Achour, 9- H. BeniGuecha, 10- H. Kheneg Ettoub, 11- H. Beni Haroun, 12- Ain tine, 13- H. Grouz, 14- Ain Skhouana, 15- H. Zouaoua, 16- Sidi M'Cid, 17- Toumiette, 18- Fouini, 19- Tddis, 20- H. Ouled Ghourab, 21- H. Meskhoutine, 22- H. Ouled Ali, 23- H. Bredaa, 24- H. Guerfa, 25- H. Belhachani, 26- H. N'Baïel, 27- H. Beni Salah, 28- H. Zaatout, 29- H. Sidi Zid, 30- Ain Sannour, 31- H. Zaïed, 32- H. Tassa, 33- H. Djendel, 34- H. OuedHammimime , 35- Source Oued Cheddi, 36-Source Bounamoussa, 37- H. Sidi Djaballah, 38- H. Maksa, 39- H. Sidi Trad, 40- H. Sidi El Adjani, 41- A.DjidMalou, 42-Kasserou, 43- H. Gosbat, 44- H. Knif, 45- H. Amamra, 46- H. Keiran, 47- H. Sidi Nadji, 48- H. Sidi Yahia, 49- H. Youkous, 50- H. Salihine, 51- H. Sidi El Hadj, 52- Ain kabrit, 53- Ain Garsa.
	CaNa		30				14			4.2	
	NaMg			2				16			
HCO ₃ -SO ₄	MgCa		12				27			0.7	
HCO ₃ -Cl	Na			28 36*			31*	40		1.8 2.0*	
	NaCa			39					64	0.6	
HCO ₃ -SO ₄ -Cl	CaMg		14				37			0.9	
	MgCa		23				30			0.3	
HCO ₃ -Cl-SO ₄	CaMg			49			35			0.6	
	MgCa		16 15*				31 33*			1.0 1.0*	
SO ₄ -HCO ₃	CaMg		17	34*			26		47*	0.8 2.4*	
SO ₄ -Cl	CaNa				1 7*				44 46*	3.5 3.1*	
SO ₄ -HCO ₃ -Cl	CaNa	13*	18				38	44*		1.1* 1.5	
	CaMg			24 25*					64 72*	2.2 2.1*	
SO ₄ -Cl-HCO ₃	CaMg			22					68	0.9	
Cl	Na	47		48*			32 35*			30.0 11.0*	
Cl-HCO ₃	NaCa										
	NaMg			37				39		1.1	
	NaCa Mg			29 32*				40 39*		0.8 2.5*	
Cl-SO ₄	NaCa		11	50*		9** 10***			45* 46** 43***	3.6 9.7* 16.0** 60***	
	NaCa	51						40		3.2	
	NaMg				6				54	3.2	
Cl-HCO ₃ -SO ₄	NaCa	4		26*			29	42*		0.9 6.3*	
	NaMg										
	CaNa			38				39		0.7	
Cl-SO ₄ -HCO ₃	Na			43				42		5.0	
	NaCa			45					59	2.4	
	NaMg		41	21*	5**	8***			98* 47** 40***	3.1 1.4* 2.0** 2.2***	
	CaNa					19		36		3.0	

IV- CONCLUSION

La synthèse des données acquises et l'interprétation des résultats obtenus permettent de mettre l'accent sur les points suivants :

- Du point de vue géographique, les sources thermo minérales étudiées se concentrent sous forme de « nid » respectivement dans les régions de Guelma, Souk Ahras, Annaba et Constantine. Il s'agit d'un vaste domaine faisant partie du Nord-est algérien, caractérisé par un relief fort et contrasté et un climat typiquement méditerranéen. Les contrastes orographiques et l'éloignement de la mer en sont les principales lois régissant les précipitations
- L'étude hydrogéochimique des eaux, basée sur différents paramètres, montre que ces eaux possèdent des propriétés physico-chimiques diverses étroitement liées à leurs conditions de gisement, de circulation et d'alimentation. Le faciès prédominant est chloruré sodique, caractérisé, parfois, par d'importantes minéralisations et de fortes températures. C'est à ce niveau, qu'on trouve les quantités relativement importantes d'éléments mineurs. Ce phénomène s'explique par l'existence de structures diapiriques évaporitiques, généralement affectées de failles actives, laissant échapper à la surface les eaux chaudes. Le faciès bicarbonaté calcique et magnésien met en évidence l'influence directe des eaux de surface. En effet, la majorité des sources ayant ce faciès émergent à la faveur de failles affectant les formations carbonatées. Le faciès sulfaté calcique ou magnésien est la conséquence de la dissolution des formations gypsifères très répandues dans les différentes unités telliennes.
 - Sachant que la majorité des eaux étudiées sont chaudes, les indications thérapeutiques doivent être effectuées en fonction de leur composition en gaz dissout et en micro-éléments. Dans le domaine socio-économique, la détermination des débits réels et l'établissement de fichiers mettant en relief les caractéristiques physico géographiques et thérapeutiques de chaque émergence pourraient contribuer à leur valorisation dans le domaine du thermalisme médical et touristique.

V- BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Annuaire régional des statistiques des wilayas de l'Est (1983).** Annexe régional de Constantine, Ed. ONS, 120p.
- 2 - Deleau P. (1938).** Etude géologique des régions de Jemmapes, Hammam Mascoutine et du col des oliviers. Publ. Serv. Géol., Algérie, T.2.
- 3 - Djorfi S. (1988).** Etude des sources thermo minérales du Nord Est Algérien et leur importance socioéconomique, Ph.D, Université d'état d'Azerbaïdjan, 200p.

- 4 - Durand-Delga M. (1960).** Mise au point sur la structure du Nord-est de la Berbérie. Publ. Serv. Géol., Algérie (Nlle série) bull. N° 39, p. 89-131.
- 5 - Durozoy G. (1958).** Les ressources en eau des massifs calcaires créacés de Constantine. Thèse doct. Es. Sciences naturelles, Paris.
- 6 - Guigue S. (1952).** Radioactivité des sources thermominérales de l'Algérie. Ann.de l'Inst. d'hydrol. et de climatologie, T.23, Paris, p.93-114.
- 7 - Ivanov V.V., Navraev G.A. (1964).** Classification des eaux souterraines minérales. Ed. Nedra, M., 1964, 168p.
- 8 - Paquin C., Chaumont M. (1971).** Notice explicative de la carte pluviométrique de l'Algérie 1/500000. Algérie.
- 9 - Vila J. M. (1980).** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse doct. Sc. Nat. Univers. P. et M. Curie, Paris 6, 450p.

ETAT DE LA FRACTURATION ET DE LA POROSITE DE L'AQUIFERE CARBONATE EOCENE DU DJEBEL DYR (REGION DE TEBESSA, ALGERIE NORD ORIENTALE)

BOUROUDI Nihad*, BOUZENOUNE Azzedine*, MERCIER Eric**, BOUFAA Kamel*

*Laboratoire de Génie géologique - Université de Jijel, bouzenoune@univ-jijel.fr

**Laboratoire de Planétologie et de Géodynamique de Nantes - Université de Nantes

Résumé

Un des domaines les plus étudiés pour l'exploitation des ressources en eau est la caractérisation des réservoirs fracturés carbonatés. Les intérêts économiques inhérents à l'exploitation de ce type de réservoirs naturels dépendent essentiellement de leurs capacités de stockage de matière (eau, pétrole) et de production. Dans ce cas, bien que le rôle de la porosité matricielle soit important puisqu'elle contrôle le stockage de l'eau, les fractures aient un rôle essentiel puisque ce sont elles qui acheminent l'eau et déterminent la production du réservoir.

La présente étude a été menée dans l'objectif d'une caractérisation multi-scalaire du réservoir carbonaté fracturé du Djebel Dyr (Tébessa, Algérie Nord Orientale). C'est un synclinal perché formé de roches calcaires de l'Yprésien de structure orientée NE-SW.

L'étude pétrographique microfaciologique des calcaires yprésiens du Dyr montre qu'ils sont caractérisés par des porosités relativement faibles se présentant sous forme de porosité intraparticulaire, interparticulaire, d'abri, moldique et de fissures. Les échantillons prélevés montrent que la porosité est relativement élevée dans le microfaciès à grosses Nummulites et le microfaciès bioclastique à débris dissouts. Elle est aussi importante au niveau de la charnière. Les taux de porosité relativement faibles (< 3%) impliquent que les capacités réservoir des calcaires yprésiens du Dyr sont principalement dépendantes de l'état de fracturation de ces carbonates.

Cet état de fracturation a été approché par une analyse multi-échelle (terrain, phoro-aériennes, images satellitaires Googlearth et Landsat). Cette analyse a permis d'extraire les principaux paramètres de caractérisation de ces fractures (orientations dominantes, fréquence et longueur des fractures, distribution spatiale, densité de fracturation...) et un suivi de variation de ces paramètres en fonction de la position structurale (flancs, charnière) au sein du synclinal a été établi. Cette étude a permis également de définir les zones à forte perméabilité qui sont dans leur ensemble situées à proximité des grands accidents tectoniques à l'image de la faille de Gastel.

Mot clés : Dyr, Réservoir, porosité (Dyr, Reservoir, porosity)

I. INTRODUCTION ET GEOLOGIE SUCCINCTE

Les réservoirs de type carbonatés fracturés sont des ensembles sédimentaires présentant des propriétés pétrophysiques très hétérogènes (par exemple la porosité, la fracturation et par conséquent la perméabilité), ce qui les rend difficiles à caractériser. L'exploitation optimale des ressources contenues dans ce type de réservoir nécessite une approche ciblée pour mieux comprendre la nature hétérogène de la roche réservoir contenant les fluides. Cela implique une compréhension détaillée de l'état de porosité et des réseaux de fractures naturelles à différentes échelles.

Le massif du Dyr s'étend sur une superficie de 32 km², il est situé au Nord-Est du territoire algérien, entre les parallèles 35°30' et 35°37' et les méridiens 8°07' et 8°16', précisément à 40 km au Nord de la ville de Tébessa et à 15 km de la frontière algéro-tunisienne (figure 1).

De point de vue géologique, le massif du Dyr appartient à l'Atlas Saharien oriental, sa structure est représentée par un synclinal orienté NE-SW élevé au-dessus d'une vaste plaine. La série stratigraphique, à dominance marno-calcaire relativement simple et continue, s'étend de l'Aptien à l'Eocène moyen. Le Trias apparaissant dans la région au cœur de certaines structures anticlinales. Les seuls dépôts tertiaires postérieurs à l'émersion éocène ; sables continentaux attribués au Miocène [1] sont localisés au cœur du synclinal où ils surmontent, sans discordance apparente, les calcaires du Lutétien inférieur. L'ossature du pli est assurée par les calcaires de l'Yprésien représentés par des biomicrites de plate-forme carbonatée.

II. ANALYSE DE LA POROSITE

L'étude microfaciologique menée sur les échantillons prélevés dans la partie nord-orientale du massif, nous a permis d'identifier trois microfaciès : un microfaciès à grosses Nummulites, un microfaciès bioclastique à débris de Mollusques non dissouts et un microfaciès bioclastique à débris de Mollusques dissouts.

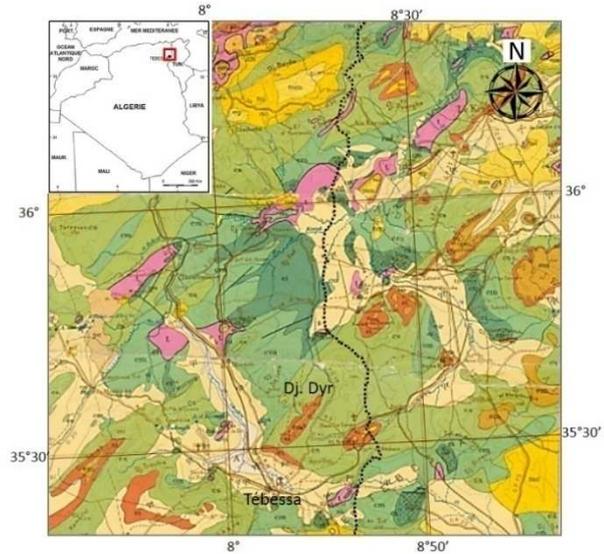


Figure 1- Situation géographique et géologie du massif du Dyr

Du point de vue qualitatif et selon la nomenclature de Choquette and Pray [2], plusieurs types de porosité ont été observés : intraparticulaire secondaire de dissolution et du type moldique, interparticulaire secondaire de dissolution, d’abri « shelter porosity » et de fissures plus ou moins élargies par dissolution. Dans tous les cas, cette porosité a été partiellement réduite ou totalement oblitérée par des processus diagénétiques dont les plus communs observés sont la compaction et la précipitation chimique d’un ciment sparitique parfois avec une croissance syntaxiale.

La porosité totale a été estimée à l’aide du logiciel « JMicroVison », par application de méthode de seuillage [3]. Cette méthode a été appliquée sur des photographies de lames minces imprégnées au bleu de méthylène.

La porosité totale (tableau 1) présente de faibles taux avec une moyenne de 2.13%, variable dans l’espace. Elle est relativement importante dans le microfaciès à grosses Nummulites et le microfaciès bioclastique à Mollusques dissouts. Du point de vue de la position structurale, ce sont les échantillons issus de la charnière synclinale (occupant les zones les plus basses) qui montrent les taux de porosité les plus élevés (tableau 1).

Tableau 1- Valeurs de la porosité mesurée par logiciel JMicroVision

Porosité	Moyenne	Ecart type
<i>Porosité totale</i>	2.13%	0.027
Porosité en fonction des microfaciès	Moyenne	Ecart type
<i>Microfaciès à grosses Nummulites</i>	2.27%	0.030
<i>Microfaciès bioclastique à Mollusques non dissouts</i>	1.59%	0.013
<i>Microfaciès bioclastique à Mollusques dissouts</i>	3.05%	3
Porosité en fonction de la position structurale	Moyenne	Ecart type
<i>Flanc NW</i>	1.15%	0.011
<i>Charnière</i>	3.45%	0.037
<i>Flanc SE</i>	1.78%	0.014

III. ANALYSE DE LA FRACTURATION

Les nombreuses observations de terrain que nous avons effectuées ainsi que l’étude linéaire effectuée sur des photo-aériennes (échelle 1/20000^e) et des images satellitaires (images Google Earth et scènes Landsat) complétées par l’examen des rosaces de fréquences et des rosaces de longueurs nous ont permis de distinguer trois directions principales qui se retrouvent à toutes les échelles (tableau 2) :

* La famille « d1 » de direction proche E-W dont les orientations varient entre N80E et N110E.

* La famille « d2 » de direction NW-SE dont les fractures présentent des orientations comprises entre N120E et N170E.

* La famille « d3 » de direction sensiblement sub-méridienne avec des orientations variant entre N10E et N30E et présentent des fréquences moins importantes.

Tableau 2- Données multi-échelle des principales familles de fractures identifiées dans le massif du Dyr.

	« Echelle »	Terrain	Photo-aériennes	Images Google Earth	Images Landsat
	Nombre total de mesures	Une centaine de mesure	1015 linéaments	2432 linéaments	113 linéaments
Familles de fractures selon les fréquences	Direction globale	1. N90°E 2. N170°E 3. N20°E	1. N80°E 2. N150°E 3. N10°E	1. N80°E- N100°E 2. N160°E 3. N10°E	1. N150°E- N120°E 2. N80°E- N50°E 3. N10°E
	Flanc NW	1. N100°E 2. N170°E 3. N20°E	1. N90°E 2. N150°E 3. N10°E	1. N100°E- N80°E 2. N160°E 3. N10°E	
	Charnière	1. N150°E 2. N90°E 3. N20°E			
	Flanc SE	1. N100°E 2. N170°E 3. N20°E	1. N80°E 2. N150°E 3. N10°E	1. N80°E 2- N150°E 3. N10°E	
Familles de fractures selon les longueurs cumulées	Longueur globale		1. N80°E 2. N150°E 3. N10°E	1. N80°E- N100°E 2. N160°E 3. N10°E	1. N150°E 2. N50°E 3. N10°E
	Flanc NW		1. N90°E 2. N150°E 3. N10°E	1. N100°E 2. N160°E 3. N10°E	
	Flanc SE		1. N80°E 2. N150°E 3. N10°E	1. N90°E- N80°E 2. N150°E 3. N10°E	

En plus de ces trois familles, on note également des mesures d'orientations beaucoup plus discrètes n'appartenant pas aux trois familles distinguées. Les orientations principales présentes à grande échelle sont les mêmes que celles présentes à petite échelle. Notons que ces orientations varient légèrement d'un endroit à l'autre. On remarque également que lorsque la résolution change, les proportions relatives de chaque famille changent légèrement.

La carte de la densité de fracturation établie à partir des photo-aériennes par la méthode de la densité de noyau (Kernel Density) révèle une concentration importante des fractures autour des grands accidents tectoniques qui affectent le massif et qui indiquent les zones à forte perméabilité (figure 2).

L'étude que nous proposons dans ce travail concerne la caractérisation du réservoir carbonaté fracturé du Djebel Dyr (Tébessa, Algérie nord-orientale). Elle a été faite dans l'esprit de contribuer à une meilleure connaissance de l'état de porosité et de fracturation du massif. Cette étude s'est basée sur la combinaison des données issues de l'analyse microscopique de la porosité, des mesures de la fracturation à partir du terrain, des photo-aériennes et des images satellitaires (images Google Earth, et scènes Landsat). A la lumière de ces résultats, il apparaît que les roches carbonatées éocène du massif du Dyr sont faiblement poreuses (porosité totale inférieure à 3%). Cette faible porosité varie en fonction du type de faciès et de la position dans la structure synclinale du massif (flancs et charnière). La fonction du réservoir est donc remplie par la présence d'un réseau de fractures conjuguées qui permettent à la fois un emmagasinement et un transfert de l'eau. On distingue trois directions principales : proche Est-Ouest (N80°E à N100°E), NW-SE (N120°E à N170°E) et une direction sub-méridienne (N0°E à N20°E). Ces trois directions se retrouvent à toutes les échelles et montrent de légères variations d'orientation en relation avec le pendage des couches, la position structurale, position de la station par rapport aux accidents structuraux, le type de faciès et la porosité. Toutefois l'abondance relative des fractures d'une orientation donnée peut varier en fonction de l'échelle (résolution du support cartographique utilisé). L'orientation est donc un paramètre indépendant de l'échelle d'observation, mais dépendant de critères lithologique et structural de la roche.

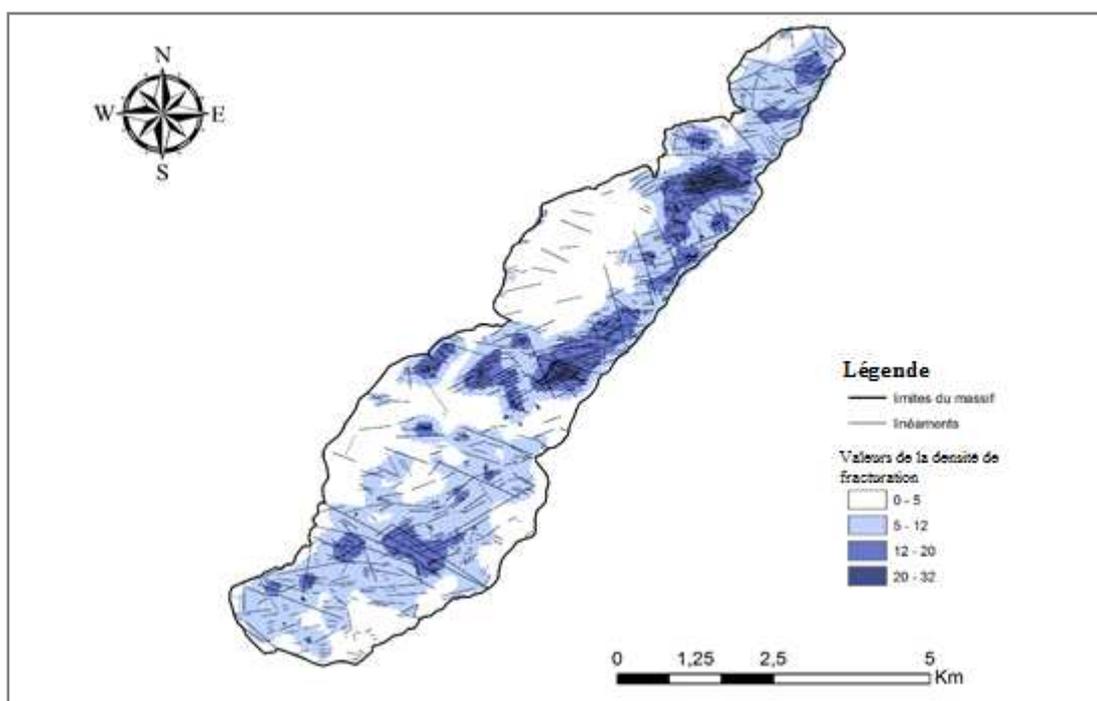


Figure 2- Carte de densité de la fracturation établie à partir des photo-aériennes

IV. DISCUSSION ET CONCLUSION

Ces résultats apportent un élément de connaissance nouveau sur l'état de la porosité et de la fracturation dans le réservoir du massif du Dyr. Il est bien évident qu'à partir de ce seul exemple, ces résultats ne peuvent être généralisés. D'autres investigations doivent faire l'objet d'études afin d'approfondir ces résultats.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Fleury, J. J., 1969, Stratigraphie du Crétacé et de l'Eocène (Aptien à Lutétien) de la feuille du 1/50 000 Morsott, n°178. *Publ. Serv. géol. Algérie*, Nlle série, Bull. n° 39, pp. 141 à 153.
- [2] Choquette, P. W., and L. C. Pray, 1970, Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates: AAPG Bulletin, v. 54, p. 207–250.
- [3] Roduit, N., 2007, JMicroVision: un logiciel d'analyse d'images pétrographiques polyvalent. PhD Thesis, Université de Genève.

CARACRERISTIQUES HYDRO CHIMIQUES DES SOURCES THERMALES DE L'EXTREME NORD EST ALGERIEN

BENHAMZA Moussa, BEKKOUCHE M^{ed} Fouzi, RIHIA Djamel

BENHAMZA Moussa, Université Badji Mokhtar Annaba, B.P 12 – 23000 Annaba, Laboratoire de Géodynamique et Ressources Naturelles, E-mail : moussa.benhamza@univ-annaba.org
BEKKOUCHE Mohamed Fouzi, Université Badji Mokhtar Annaba, B.P 12 - 23000 Annaba, Département de Géologie, E-mail : Bekk_fouzi@yahoo.fr
RIHIA Djamel, Université Badji Mokhtar Annaba, B.P 12 - 23000 Annaba, Département de Géologie, E-mail : djamel-rihia@hotmail.fr

Résumé

Le secteur d'étude comprend les sources thermales des wilayas de Guelma, Skikda, El Taref et Souk Ahras.

La localisation des sites thermaux est fortement dépendante de l'environnement géologique et hydrogéologique et leur répartition spatiale coïncide avec les principaux traits structuraux et les principaux réservoirs correspondant aux formations carbonatées et gréseuses jurassico-crétacées.

Les sources thermales de l'extrême Nord est Algérien émergent à la faveur des grands accidents tectoniques d'après la carte de la néotectonique, sur la bande thermique d'Annaba et de Constantine.

La représentation graphique de Stabler montre quatre faciès chimiques: le bicarbonaté-sodique, le chloruré-sodique, le sulfaté-sodique et le sulfaté-calcique.

L'étude de l'indice des échanges de bases montre une corrélation entre l'origine cristalline des sources thermales avec les températures hyperthermales, alors que l'origine sédimentaire correspond avec des températures d'émergences ortho thermales.

L'étude de l'indice de saturation a pu mettre en évidence les éléments en sursaturation et ceux en sous saturation, provoquant ainsi soit leur précipitations ou leurs dissolutions dans les eaux thermales.

Mots clés : *sources thermales, faciès chimiques, indices de saturations.*

Key words: *thermal sources, chemical facets, saturation index.*

1. INTRODUCTION

La localisation des ressources thermales de l'Algérie est fortement dépendante de l'environnement géologique et hydrogéologique. La répartition spatiale des sources coïncide

avec les principaux traits structuraux et les principaux réservoirs correspondant aux formations carbonatées et gréseuses d'âge jurassico-crétacées. [1]

Le secteur d'étude comprend les sources thermales des wilayas de Guelma, Skikda, El Taref et Souk Ahras (Fig. 1), il est délimité par les coordonnées :

X = 890.000 m à 1004.000 m ; Y = 330.000 m à 402.000 m.

2. MATERIELS ET METHODES

La désignation des points de prélèvements comporte au total 37 échantillons (Fig. 1). Les analyses ont concernés les éléments majeurs exprimés en cations et anions, la Silice, la dureté globale, le titre alcalin complet, le résidu sec et les métaux lourds représentés par le plomb.

Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire du complexe industriel de raffinage du pétrole (wilaya de Skikda). La mesure du pH, de la conductivité électrique et la température a été faite in situ [4]. Les analyses ont été effectuées en Juin 2011.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Faciès chimique

La représentation graphique des résultats des analyses chimiques sur le diagramme de Stabler révèle les faciès sulfaté- calcique, Sulfaté -Sodique et Chloruré -calcique pour les sources thermales de Guelma, le faciès Sulfaté-Calcique pour les sources thermales de Skikda, le faciès Bicarbonaté -Sodique pour les sources thermales d'El Tarf et le faciès Bicarbonaté et chloruré calcique pour les sources thermales de Souk Ahras (Fig. 1).[5,6]

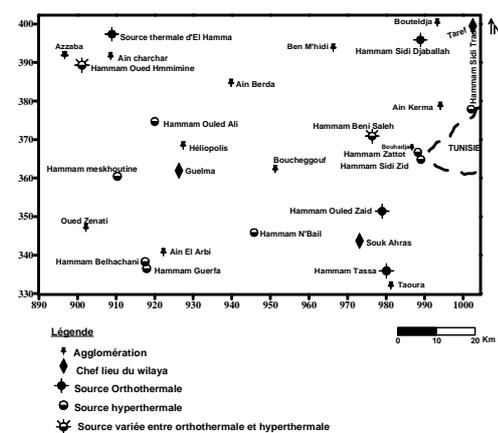
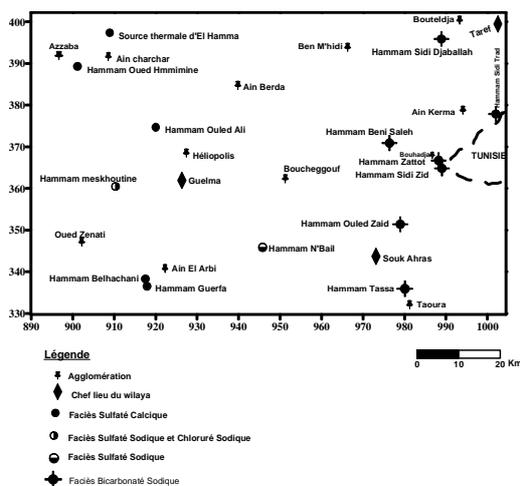


Fig. 1: Répartition des faciès chimiques dans la région d'étude Fig.2 : Carte de répartition des températures

3.2. Températures observées:

Dans le secteur d'étude, les températures mesurées des eaux thermales les plus élevées s'observent dans la région de Hammam Meskhoutine (eaux hyperthermales) (jusqu'à 93°C), ces températures diminuent selon le prolongement oriental de la chaîne numidique et les monts de Guelma vers l'Est jusqu'à (35°C) à Hammam Sidi Djaballah (Fig. 2) [3,4].

3.3 Indice des échanges de base (i.e.b)

Au cours de leur trajet souterrain, les eaux rentrent en contact avec différentes substances qui ont la propriété d'échanger leurs ions contre ceux contenus dans les eaux. Parmi ces substances, nous avons les minéraux argileux : l'hydroxyde ferrique et les substances organiques. [7]

Quant l'indice des échanges de base est négatif, l'eau est d'origine cristalline, quant il est positif, l'eau est d'origine sédimentaire.

Les sources hydro thermales de Hammam meskhoutine et d'Ouled Ali de la région de Guelma ont une origine cristalline, alors que celles de la région de Skikda et d'El Taref ont une origine sédimentaire.

L'origine cristalline des sources thermales est en étroite corrélation avec les températures hyperthermales, alors que l'origine sédimentaire coïncide avec des températures d'émergences ortho thermales.

3.4 Etat des minéraux dissous

Le degré de saturation de l'eau peut être estimé par le calcul de l'indice de saturation, qui atteint la valeur zéro quand la solution est en équilibre avec une phase solide.

Un indice de saturation positif indique une sursaturation et un indice négatif une sous saturation vis à vis des minéraux. [8]

La halite se trouve en sous saturation, alors que l'anhydrite et le gypse sont en sur saturation, dans les sources thermales de la région de Guelma et Skikda, ce qui est en étroite corrélation avec le faciès chimique dominant le sulfaté calcique. [1, 2] (Fig. 3)

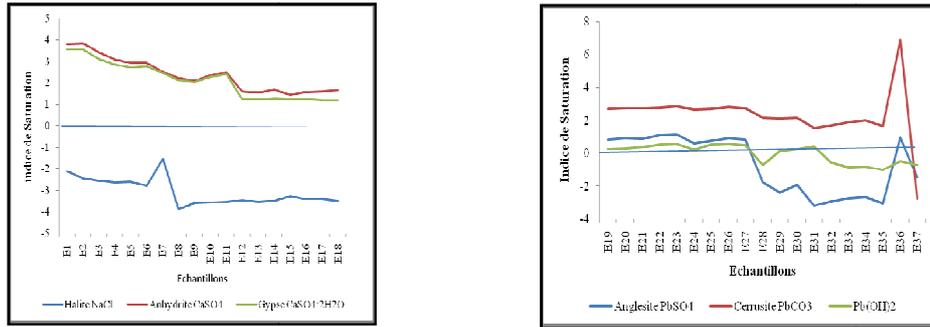


Fig. 3 : Etat des minéraux évaporitiques dans les eaux thermales

Les éléments évaporitiques sont en sous saturation dans les sources hydrothermales de la région d'El Taref et Souk Ahras, alors que dans les mêmes sources, les éléments carbonatés sont en sur saturation, ce qui a conféré à ces eaux le faciès bicarbonaté (Fig. 4).

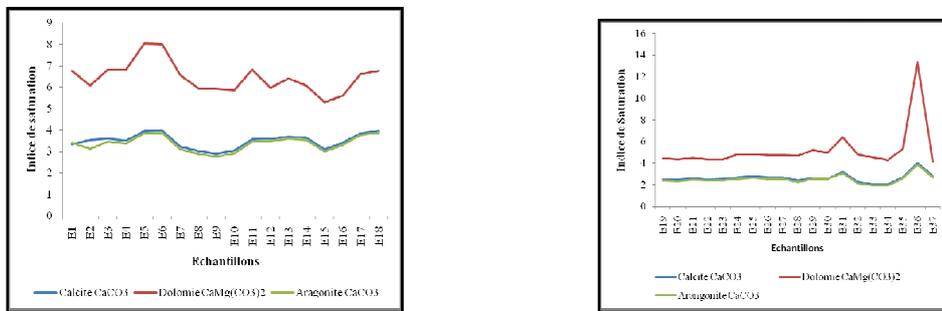


Figure. 4 : Etat des minéraux carbonatés dans les eaux thermales

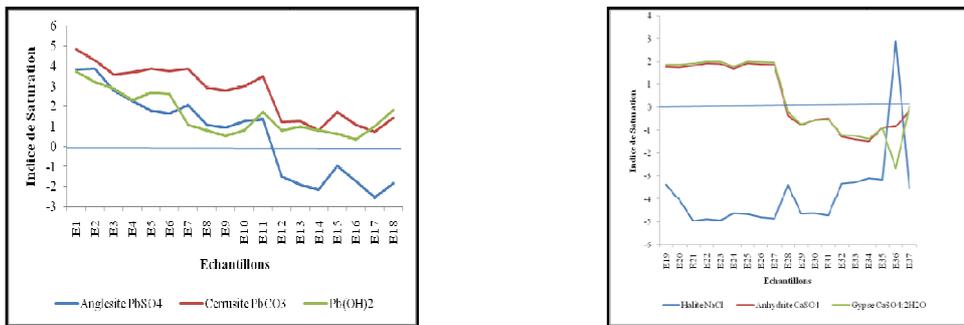


Fig. 5 : Etat du plomb dans les eaux thermales

Les sources hydrothermales de la région d'étude sont sursaturées en carbonates de plomb (cérusites) et en hydroxydes de plomb ($Pb(OH)_2$), surtout dans les sources de la région de Guelma et Skikda.

CONCLUSION

Les températures mesurées des eaux thermales les plus élevées de la région d'étude s'observent dans la région de Guelma (Hammam Meskhoutine), elles sont de type

hyperthermales) (jusqu'à 93°C). Ces températures diminuent selon le prolongement oriental de la chaîne numidique et les monts de Guelma vers l'Est jusqu'à (35°C) (Hammam Sidi Djaballah).

Les sources thermales de Hammam meskoutine et d'Ouled Ali de la région de Guelma ont une origine cristalline. Les sources de la région de Skikda et d'El Taref ont une origine sédimentaire.

L'origine cristalline des sources thermales est en étroite corrélation avec les températures hyperthermales, alors que l'origine sédimentaire correspond aux températures d'émergences ortho thermales.

La halite se trouve en sous saturation, alors que l'anhydrite et le gypse sont en sur saturation, dans les sources thermales de la région de Guelma et Skikda, ce qui est en étroite corrélation avec le faciès chimique dominant le sulfaté calcique

Les éléments évaporitiques sont en sous saturation dans les sources hydrothermales de la région d'El Taref et Souk Ahras, alors que dans les mêmes sources, les éléments carbonatés sont en sur saturation, ce qui va conférer à ces eaux le faciès dominant bicarbonaté.

Les sources hydrothermales de la région d'étude sont sursaturées en carbonates de plomb (cérusites) et en hydroxydes de plomb ($Pb(OH)_2$), surtout dans les sources de la région de Guelma et Skikda.

Dans les sources hydrothermales des régions d'El Taref et Souk Ahras, les eaux sont en sous saturation vis-à-vis de l'Anglésite et de l'hydroxyde de plomb, au détriment de la cérusite ($PbCO_3$) qui est en sur saturation qui va se sédimenter et enrichir ces eaux en plomb et en bicarbonates et de la conférer à ces eaux un faciès bicarbonaté.

Références

[1] Athamena M., 2006. Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone sud Sétifien, Magister en géologie, université de Batna, Algérie. 131p.

[2] Hezila A.D., 2008. Caractéristiques des sources thermales de la région d'Azzaba. Mémoire d'ingénieur d'état en géologie, option Hydrogéologie, Université d'Annaba, Algérie. 88p.

[3] Rihia F. & Baadi H., 2004. Le thermalisme de l'extrême Est Algérien (Guelma, Souk Ahras, Annaba, Skikda, El Tarf), Mémoire d'ingénieur d'état en géologie, option Hydrogéologie, Université de Constantine. 90p.

[4] Bekkouche M.F., 2009. Caractéristiques des sources thermales de la région d'Azzaba, Mémoire de magistère en géologie, option hydrogéologie, Université d'Annaba. 150p.

[5] Note technique DNEMT n 8. (1996) *Représentation graphique des résultats d'analyses eau minérale*, Division Nationale des Eaux Minérales et Thermales, Bureau de Recherche Géologique et Minière.

- [6] Rodier, J. (1984) *Analysis of Water; Natural Water, Waste Water, Sea Water*, 7eme ed., Ed. Dunod, Paris.
- [7] Schoeller H., 1962. *Les eaux souterraines, hydrologie dynamique et chimique, Recherche, Exploitation et Evaluation des Ressources* », Edition Masson et C^{ie}, Paris. 579 p.
- [8] BENHAMZA Moussa, KHERICI Nacer, PICARD-BONNAUD Françoise
« Hydro geochemistry and balance between minerals and solutions in the mercurial zone of Azzaba, N-E Algeria”. 13th IWRA World Water Congress 2008, Montpellier, France, 1-4 September 2008.
-

HYDROTHERMAL WATER FROM THE TROZA BASIN: CASE OF KARST AQUIFER (CENTRAL TUNISIA)

Younes Hamed^{a,b}, Belgacem Redhaounia^c, Amina Ben Sâad^d, Rihab Hadji^e, Abedslem Demdoun^f

^a Water, Energy and Environmental Laboratory (L3E)-National Engineers College of Sfax (Tunisia) (ENIS).
Street of Soukra Km 3.5, BP.W: 3038 Sfax-Tunisia.

^b Faculty of Sciences of Gabes. Department of Earth Sciences. City Campus Erriadh-Zirig 6072 – Gabes-Tunisia
- E-mail address: hamed_younes@yahoo.fr/

^c Regional blood transfusion center of Gafsa. E-mail: aminabensad@yahoo.fr.

^d Water Researches and Technologies Center Borj-Cedria (CERTe), BP 273 Soliman 8020, Tunisia. E-mail:
belgacem.redhaounia@yahoo.fr.

^e Farhat Abbas University, Sétif, Algeria. E-mail: slimdem@yahoo.fr/hadjirihab@yahoo.fr.

ABSTRACT. Tunisia is rich in geothermal resources. Hydrothermal activity in Tunisia has been related to three main stages: magmatic and tectonic activities, eustatism (Atlantic and Mediterranean coupling) and climate change (Ben Dhia, 1987, 1990, 2000). The principal factor and the responsible of these phenomena is the meteoric water. It constitutes the catalyst of volcanism. The Troza basin (central Tunisia), well known since the Roman period for the importance of its thermomineral waters, is characterized by a large occurrence of thermal fluid discharges whose main thermal aquifer is located within the Aptian carbonate rocks. This reservoir represents the deepest formation cropping out in the area. The Triassic deposits and the filonite of Pb-Zn (Troza mine) caused the contamination of the thermal water in this reservoir. The upwelling of the deep groundwater to the shallow level and discharging also in karst caves of the carbonate minerals (dismigration of thermal water to the karst). This carbonate reservoir of thermal water, consists of emissions of hot air and vapors and represent a unique attraction for locals and tourists. Presently, the thermal waters are a resort for wellness, fitness and therapeutic purposes. Kairouan basin, in particular, has numerous thermo-mineral springs, the majority of which are used for public baths (hammam), swimming pools, and for medical treatments provided by thermal establishments. Previous studies have shown that location and chemical composition of these thermal manifestations are strongly influenced by the regional geology, the tectonic and the climate impact.

KEY WORDS: Geothermal water, karst aquifer, Troza basin, Tunisia

1. Introduction

Circulation of hydro-geothermal fluids in the Earth's crust takes place under various tectonic and climatic regimes and geological situation. Recharge and discharge of groundwater systems are highly climate dependent. Both Southern Tunisia and Algeria suffers from limited surface water resources. Consequently, numbers of studies have been carried out in the last decades (ERESS, 1972; Gonfiantini et al., 1974; Ben Dhia, 1988; Edmunds et al., 1997, 2003; OSS, 2003, 2008; Al-Gamal, 2011; Kamel, 2012; Hamed et al., 2013b) with the main aim of evaluating the potential of groundwater resources in this region. The northern part of the Sahara comprises the deep "Continental Intercalaire" (C.I.) logged in the continental formations of the lower Cretaceous. With a surface area of approximately 1,000,000 km², the C.I., which extends across Algeria, Tunisia, and Libya constitutes one of the largest groundwater reserves in the world. Nowadays, more than 600 boreholes exploit water from different aquifer levels with the mean productivity equal to approximately 170 Mm³ a⁻¹ (OSS, 2003).

2. Geological and hydrogeological settings

The Continental Intercalaire (C.I.) is a major groundwater reservoir that occupies the continental formations of the Lower Cretaceous (Neocomian, Barremian, Aptian and Albian). It is one of the major North-African transboundary groundwater basins in the oldest craton on the globe. The C.I. covers an approximately half the size of the Nubian Sandstone Aquifer System, shared by Egypt, Sudan, Libya, and Chad and it is predicted to cover around one million km² and reaching a scale of 1,800 km from east to west and 900 km from north to south (Besbes, 2004). The aquifer is continuous north – south, from the Saharan Atlas to the Tassili Oua N'Ahaggar, and west to east, from the Guir-Saoura valley to the Libyan Desert. A major N–S structure, the Dahar dorsal (Cornet, 1964; UNESCO, 1972; Guendouz, 1985; Kamel et al., 2006; Abid et al., 2012; Hamed et al., 2013b) divides the basin into two sub-basins (Occidental and Oriental). In the study area, fissured carbonate rocks have a hydraulic conductivity of 10⁻⁷–10⁻⁶ m/s.

Groundwater flows in the C.I. of the study area converge towards the discharge zone of Chott Melrhir (Algeria), and to the Chott Djerid in Tunisia (Oriental part of the study area) and towards an exoreic discharge zone (Gulf of Gabes, western part of the Mediterranean Sea) (Cornet, 1964; Aranyossy and Mamou, 1985; Edmunds et al., 2003). The main flow path, W–E, comes from the Saharan Atlas and the M'Zab dorsal in Algeria and the Dahar mont in

Tunisia. Three secondary flow directions may be distinguished: SW–NE from southern Algeria and S–N from Libya to the Chotts region; N–S from the Gafsa–Zamlet El Beida monts towards the Chott regions; and SW–NE and SE–NW flow, from the Matmata relief and Saharan Platform towards the Mediterranean Sea and Chott Djerid area respectively (Fig. 3). The C.I. groundwater travels about 1,500 Km to the discharge areas (Tunisian and Algerian) and with a rate of about 0.5-1 m/y, taking approximately 1-2 millions years to travel the distance (recharge to discharge area) (Hamed et al., 2010a,b).

3. Results and discussion

Based on the contents of major cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ and K^+) and anions (Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- and SO_4^{2-}), three hydrochemical facies could be identified including facies 1: “Ca–Mg– HCO_3 to mixed” (predominant water type in the carbonate–rock aquifers because calcite and dolomite are abundant in these aquifers), facies 2: “Ca–Mg– SO_4 to mixed” (this water is characterized by high concentrations of dissolved solids, calcium, magnesium, and sulphate). The predominance of sulfate over bicarbonate and the lack of agreement of the Ca–Mg– SO_4 water with the simple dolomite dissolution) and facies 3: “Na–Cl– SO_4 to mixed” which is located downstream and in the centre part of the basin (discharge areas). The presence of mixed-water type reflects the influence of water from the C.I. aquifer ascending to the Turonian through systems of deep faults. Water types were defined by use of the trilinear plotting technique (Piper, 1944).

Conclusions

A comprehensive understanding of the hydrogeological characteristics/groundwater dynamics of a transboundary aquifer system is highly needed for any successful transboundary cooperation policy. It was possible only by using the “lumped parameters approach” to identify that the groundwater in the aquifer system of NWSAS (North-Western Sahara Aquifer System) has three components: (i) modern recharging water, fresh with low salinity, moderately depleted in delta values, (ii) salty water, from the leaching of evaporates included in the litho-stratigraphic sequence of Cretaceous sediments. The chemistry of the geothermal fluids has changed from a recent high-enthalpy system, which precipitated siliceous deposits, to the present low-enthalpy system, which precipitates carbonated deposits (travertine) (Gafsa basin).

References

- [1] ERESS., 1972. Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional [Study of water resources of the Septentrional Sahara]. UNESCO, Paris.
- [2] Gonfiantini, R., Conrad, G., Fontes, JC., Sauzy, G., Payne, BR., 1974. Etude isotopique de la nappe du Continental Intercalaire et ses relations avec les autres nappes du Sahara Septentrional [Isotopic study of the Continental Intercalaire aquifer and its relations with the other aquifers of the Septentrional Sahara]. In: Isotope techniques in groundwater hydrology, vol I. IAEASM-182/25, International Atomic Energy Agency, Vienna, pp 227-241.
- [3] Ben Dhia, H., 1988. Tunisian geothermal data from oil wells. *Geophysics* 53, 1479-1487.
- [4] Edmunds, WM., Shand, P., Guendouz, AH., Moulla, AS., Mamou, A., Zouari, K., 1997. Recharge characteristics and groundwater quality of the Grand Erg Oriental basin. British Geological Survey, London, UK.
- [5] Edmunds, WM., Guendouz, A., Mamou, A., Moulla, A., Shand, P., Zouari, K., 2003. Groundwater evolution in the Continental Intercalaire aquifer of southern Algeria and Tunisia: trace element and isotopic indicators. *Applied Geochemistry* 18:805-822.
- [6] OSS, 2003. Système aquifère du Sahara Septentrional. Gestion commune d'un basin transfrontière. Synthesis Report, Tunis, Tunisia, 12 pp. (in French).
- [7] OSS, 2008. The North-Western Sahara Aquifer System: Concerted Management of Transboundary Water Basin. Sahara and Sahel Observatory, 48 pp.
- [8] Al-Gamal, S.A., 2011. An assessment of recharge possibility to North-Western Sahara Aquifer System (NWSAS) using environmental isotopes. *Journal of Hydrology* 398.184-190.
- [9] Hamed, Y., Hadj, R., Mokadem, N., 2013b. The Continental Intercalaire groundwater salinization in Southern Tunisia. 3rd International Symposium. Geoscience in the Service of Sustainable Development. 18-19 November. Tebessa-Algeria.
- [10] Besbes, M., 2004. Conceptual framework of the North-Western Sahara Aquifer System. In: Appelgren, B. (Ed.), *Managing Shared Aquifer Resources in Africa*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (IHP-VI Series on Groundwater 8), Paris, pp. 163-170.
- [11] Cornet, A., 1964. Introduction à l'hydrogéologie saharienne. *Revue de Géographie, Physique et de Géologie Dynamique* (part 2), VI 1:5-72.
- [12] UNESCO., 1972. Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. Projet ERESS. Nappe du Complexe Terminal. Tech Rep 6:44.
- [13] Guendouz, A., 1985. Contribution a l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara nord-est septentrional, Algérie. Thèse 3^{ème} cycle, Univ. Paris-Sud, Orsay.
- [14] Kamel, S., Dassi, L., Zouari, K., 2006. Approche hydrogéologique et hydrochimique des échanges hydrodynamiques entre aquifères profond et superficiel du basin du Djérid, Tunisie (Hydrogeological and hydrochemical approach of hydrodynamic exchanges between deep and shallow aquifers in the Djerid basin Tunisia). *Journal of Hydrological Science* 51:713-730.
- [15] Abid, K., Dulinski, M., Hadj Ammara, F., Rozanski, K., Zouari, K., 2012. Deciphering interaction of regional aquifers in Southern Tunisia using hydrochemistry and isotopic tools. *Applied Geochemistry* 27. 44-55.
-

[16] Aranyossy, J.F., Mamou, A., 1985. Ressources en eau dans les pays d’afrique du nord. Technical Report RAF/8/007.IAEA, Vienna,Austria, 50 pp. (in French).

[17] Piper, AM., 1944. A graphic procedure in the geochemical interpretation of water-analyses. Trans. American Geophysical Union 25,914-923.

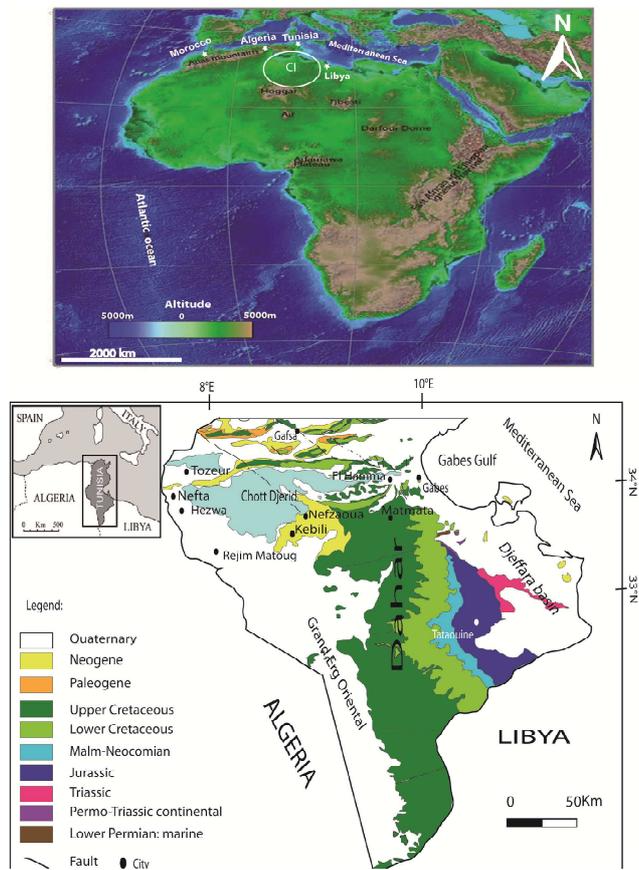


Figure 1. Simplified geologic map of the study area (Southern Tunisia).

CARACTÉRISATION HYDROGÉOCHIMIQUE DE QUELQUES ÉMERGENCES THERMALES DANS LA RÉGION DE GUELMA.

Maoui. A* , Guerroui. Y**, Gherrieb .L***

*Laboratoire de Génie civil & hydraulique (LCGH), Université 8 1945
Guelma, Email : maoui_ammam@yahoo.fr

** Laboratoire de biologie eau & environnement (LEBB), Université 8 1945 Guelma

*** Laboratoire de Ressource en eau et développement durable, Université Badji Mokhtar Annaba.

I. Introduction

L'évaluation des connaissances et l'utilisation de diverses disciplines scientifiques, ont permis d'appréhender et de comprendre le fonctionnement hydrogéologique des sources minérales, thermales et les thermominérales qui étaient considérées jusqu'à une époque récente par les cultures et les civilisations successives comme des phénomènes naturels ayant un caractère sacré. L'objectif de notre travail c'est l'étude de l'hydrochimie des 3sources thermales dans la région de Guelma. A fin de mieux connaître les ressources et les mécanismes qui conditionnent leur circulation.

II. Matériels et méthodes :

Des échantillons sont prélevés au niveau de 9 points au mois de Mars et Avril 2014. En plus des mesures physico-chimiques faites in-situ. Les analyses chimiques sont réalisées au niveau du laboratoire de génie civil et hydraulique de l'Université de Guelma. Les chlorures, bicarbonates, calcium et magnésium sont dosées par volumétrie tandis que les sulfates, fluore, nitrites, nitrate, ammonium et ortho phosphates sont analysées avec un spectrophotomètre W.T.W avec des réactifs adaptés .Un spectrophotomètre à flamme JENWAY est utilisé pour le dosage du sodium et potassium. Les analyses des dépôts aux émergences dégagements gazeux aux émergences et isotopiques sont tirées des travaux extérieurs de Dib.H (1985), et Issadi.A (1992). Les sites concernés par l'étude sont :

a. Hammam Ouled Ali – Guelma:

- Longitude X = 919km , Latitude Y = 374 km Altitude 200 m

La station thermale d'Ouled Ali se trouve à 17 kilomètres au Nord de la ville de Guelma, à 5 kilomètres environ de la route nationale Guelma – Skikda. L'émergence comporte quatre griffons. Les sources se trouvent sur la rive droite de l'Oued El Hammam, au Nord de la

chaîne calcaire Néritique du Djebel Debar, dans le lit de l'Oued, on note la présence d'un affleurement important marno-calcaire Sénonien. Les sources chaudes sortent au niveau de la ligne de fracture (selon Deleau).

b. Hammam Meskhoutine – Guelma:

Longitude X = 909 km Latitude Y = 361km Altitude varie en 280 et 318 m.

Station de l'Est Algérien aux eaux hyperthermales les plus chaudes du monde après les geysers de l'Islande ($T^{\circ} = 107^{\circ} C$). Elle se trouve à 19 km de Guelma, au Sud d'Annaba et à 111 km au Nord Est de Constantine. Les sources thermales se trouvent dans un bassin miocène. Elles émergent au niveau d'une faille n 20° E

c. Hammam N'Bails – Guelma:

Longitude X = 944 km Latitude Y = 347,40km Altitude 500 m.

La station thermale du Hamman N'Bail est située à 40 kilomètres à l'Est – Sud – Est de Guelma, à 20 km au Sud de la route Guelma – Souk-Ahras et à 500 m de la mine de Nador (Sb – Pb – Zn). Les sources thermales émergent sur la rive droite de l'Oued El Hammam. A proximité des griffons, on peut noter la présence d'un complexe gypsifère important (Trias, Crétacé supérieur), il y a lieu de penser que les eaux chaudes viennent au jour à la faveur d'importants accidents tectonique.

III. Résultats et discussions

Une A.C.P a été pratiquée sur 18 individus (analyses) et 17 paramètres. les deux premier facteurs fournissent une inertie expliquée de 65.41 % qui semble assez bonne compte tenu de l'inertie moyenne. Toutefois le pourcentage cumulé tend lentement vers 100% ce qui traduit la complexité des influences qui s'exerce sur le chimisme des eaux. La conductivité électrique qui traduit la minéralisation est bien corrélée avec le facteur 1. A l'exception des nitrites, nitrates ammonium magnésium et orthophosphates, les autres éléments majeurs présentent une bonne corrélation avec le facteur 1. Ce qui nous permet de considérer ce facteur comme facteur de minéralisation. Les 13 minéraux suivants : calcite, dolomite, gypse, anhydrite, halite, aragonite, fluorite calcédoine, sépiolite, quartz, silice, talc et chrysolite influencent la composition chimique des eaux thermales mais à des degrés variables.

La majorité des minéraux sont à l'état de sous-saturation, l'halite, la sépiolite et la silice sont largement sous-saturés d'où la prévalence de la dissolution.

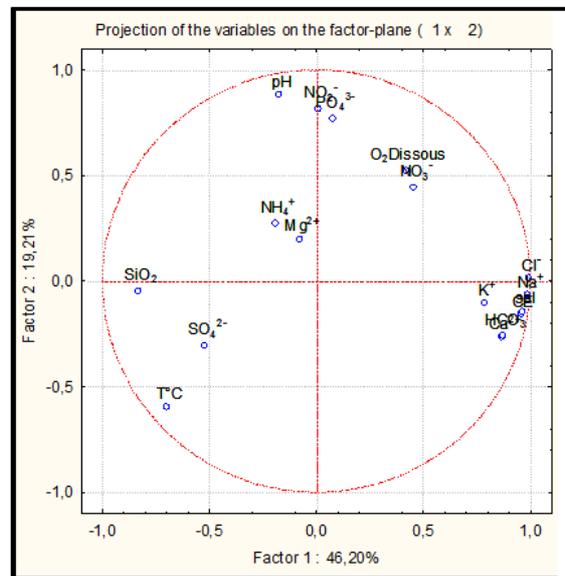


Figure : Projection des variables sur le plan factoriel (1-2)

Les 14 minéraux suivants : calcite, dolomite, gypse, anhydrite, halite, aragonite, fluorite calcédoine, sépiolite, quartz, silice, talc et chrysolite influencent la composition chimique des eaux thermales mais à des degrés variables (tableau 14). La majorité des minéraux sont à l'état de sous-saturation, l'halite, la sépiolite et la silice sont largement sous-saturés d'où la prévalence de la dissolution.

L'utilisation des géothermomètres Na/K a donné des résultats homogènes, la température des eaux en profondeur peut dépasser les 200°C au niveau de Hammam Debagh, cependant elle avoisine les 180°C dans les émergences de Hammam Ouled Ali et N'Bail. Les géothermomètres à silice n'ont pas donné de résultats plausibles.

- Les dépôts aux émergences :

La diffractométrie aux rayons X qui permet de déterminer la composition minéralogique des échantillons a été effectuée sur poudre totale (Issadi.A.1991). Les différents diffractogrammes obtenus font apparaître de la calcite et un peu de Quartz (Hammam Ouled Ali).

Les dégagements d'hélium peuvent être dus à la désintégration radioactive des minerais d'uranium et thorium qui accompagnent les eaux dans leurs remontées vers la surface. L'origine du CO₂ peut avoir une origine endogène

-Isotope et radioactivité :

La radioactivité mesurée au niveau de certains griffons à Hammam Ouled Ali varie entre 1.70 et 28.2 milli microcurie/l de radon, Au niveau de Hammam Debagh la radioactivité est faible, elle est de l'ordre de 0.38 milli microcurie/l de radon en raison de la désintégration et de la dissipation de cet élément, car déjà en surface les eaux sont très proches de l'ébullition (Dib.H.1985). L'abondance du CO₂ dans les dégagements gazeux de H.Debagh et Ouled Ali et les concentrations en Carbone 13 qui évoluent entre -6.75‰ et -5.55‰ témoignent d'une origine profonde du gaz carbonique.

Conclusion :

Les analyses hydrochimiques que nous avons réalisés ont portés essentiellement sur les éléments majeurs, les nutriments et la silice, l'interprétation des résultats obtenus a montré une prédominance du faciès chlorure sodique. La modélisation thermodynamique a indiqué une sous-saturation vis à vis à la majorité des minéraux, favorisant ainsi une dissolution de ces minéraux. Les géothermomètres Na/K ont donné des résultats plus plausibles, avec une température en profondeur avoisinant les 200°C pour les eaux de Hammam Debagh et les 180°C à 170°C pour les eaux de Hammam Ouled Ali.

Références bibliographiques :

- **Dib AH. (1985)** Le thermalisme de l'Est Algérien. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle. Ph.D.thesis. Algiers. Algeria: University of Science and Technology Houari Boumediene, USTHB; 1985, 315 pp.
- **Fournier RO, Truesdell AH.(1973)** -An empirical Na - K - Ca geothermometer for natural waters.Geochimica Cosmochimica Acta 1973; 43:1543-50.
- **Fournier RO, Potter II RW. (1982)** -A revised and expanded silica (quartz) geothermometer.Geoth Resour Coun Bull 1982; 3-12.
- **Issaadi Abderrahmane. (1992)** -Le thermalisme dans son Cadre Géostuctural, Apports à la Connaissance de la Structure Profonde de l'Algérie et de ses Ressources Géothermales, Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, présentée à l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.
- Vila J.M. (1980)**. La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, Th.Doct. Es-science. Nat. Univ. Pierre et Marie - Curie, Paris VI, pp. 282-296.

HYDRO-GEOPHYSICAL CHARACTERIZATION FOR GROUNDWATER LIMESTONES IN AMDOUN AREA (NORTH-WESTERN TUNISIA)

Belgacem Redhaounia¹, Naziha Mokadem², Anene Ilyes¹, Hakim Gabtni¹, Mourad Bédir¹, Younes Hamed^{2,3}

¹Water Researches and Technologies Center Borj-Cedria (CERTE), BP 273 Soliman 8020, Tunisia,
belgacem.redhaounia@yahoo.fr

²Water, Energy and Environmental Laboratory (L3E)–School of Engineers, Soukra Street Km 3.5, BP.W.Sfax-
Tunisia.

³Faculty of Sciences of Gabes, Department of Earth Sciences, City Campus Erriadh-Zirig, 6072 Gabes, Tunisia
e-mail: hamed_younes@yahoo.fr

Abstract

Geophysical method based on very precise measurements that reveals variations in gravity due to changes in density masses. Integration of surface- and borehole-geophysical data with geologic, hydrologic, and geochemical data provides a means for development of a comprehensive interpretation of the hydrogeologic conditions at a site and a conceptual understanding of groundwater flow of the upper Cretaceous chalky and limestones and the Eocene limestones aquifers beds. In short, the main aim of this work is to demonstrate the potential value of coupled models as tools for understanding the evolution and behavior of the karst systems in the Amdoun basin (North-western Tunisia) in relation with the climate effect. Climate change and variability have directly and indirectly affected, and will continue to affect, groundwater quantity and quality.

This objective was met by focusing on using the petro-physical characterization from geological and geophysical data (Electrical Resistivity Tomography, Seismic Refraction, and Gravity, wells analysis) to predict the properties of karstified rock, such as porosity, permeability and intensity of the underground karstification related to structural discontinuities and various types of karstified joints.

Keywords: ERT, Gravity data, Karst, Climate change, Amdoun area, Tunisia

ETUDE DU FONCTIONNEMENT HYDRODYNAMIQUE D'UN AQUIFERE FRACTURE. APPLICATION A LA REGION DE TEBESSA (NE ALGERIEN)

Bouti D.¹, Debieche T.H.¹, Guefaïfia O.², Mercier E.³

¹ Equipe de recherche Eau et Environnement, Laboratoire de Génie Géologique, Université de Jijel, Campus central, Cité Ouled Aïssa, B.P.98, 18000 Jijel, Algérie. E-mail : djalaldjalal41@yahoo.fr ; debieche@yahoo.fr

²Département des Sciences de la Terre, Université de Tébessa, Algérie. E-mail : gueom@yahoo.fr

³Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de Nantes, France. E-mail : eric.mercier@univ-nantes.fr

1. Introduction

L'étude des aquifères des milieux fracturés présente souvent des difficultés, vu la discontinuité du milieu et l'incertitude sur l'orientation, l'intensité et la taille de ses fissures en surface et en profondeur. Ils sont liés à la nature lithologique des formations géologiques (calcaire, dolomite, calcaire marneux...), les contraintes exercées sur les formations et la tectonique (plissement, failles...). Pour étudier ce type d'aquifère, plusieurs approches (géologique, géophysique, hydrodynamique, chimique, le traçage...) sont utilisées.

Les aquifères des structures plissées (synclinaux et anticlinaux) présentent d'une manière générale une fissuration bien organisée suivant les contraintes exercées sur les couches. Ramsay & Huber(1987) (In Bazalgette (2004)) ont proposé un modèle d'orientation des fissures qui regroupe trois type de fractures : axiales (ou longitudinales) sont parallèles à l'axe du pli, transverses sont orthogonales à cet axe et obliques (ou diagonales) font un angle fort avec cet axe (figure 1).

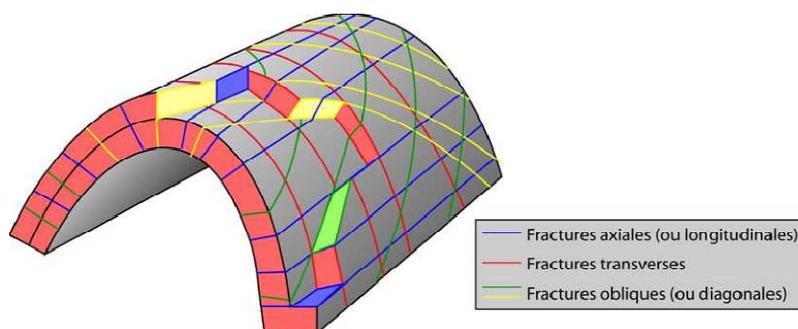


Figure 1 : Illustration schématique de la terminologie utilisée classiquement pour décrire les relations directionnelles entre fractures et plis (modifié d'après Ramsay & Huber, 1987). (In Bazalgette (2004)).

Ces fissures selon le modèle sont identiques en surface et en profondeur. En surface on peut vérifier cette répartition par l'observation des affleurements, par contre en profondeur d'autres approches sont utilisées, tel que la géophysique, le traçage et l'hydrodynamique. Dans cette étude, nous allons utiliser les réponses hydrodynamiques dans la détermination des discontinuités en profondeur.

2. Présentation du site

Le site expérimental choisi pour cette étude est celui de la zone de Bir-Mokadam - Ain-Dalaa (région de Tébessa – NE Algérien), vu qu'elle est caractérisée par une succession de plis (synclinal et anticlinal). Ce site s'étale sur une superficie de 535 Km² et couvre des parties des communes suivantes : Meskiana, Dalaa, Ain Touila, Gourrigueur, Bir Mokadam et Chéria (figure 2). De point de vue hydrographique la zone d'étude s'étend sur deux bassins versants différents : le bassin versant exoréique de Meskiana et le Bassin versant endoréique de Chéria. Les précipitations de la région sont faibles : les précipitations annuelles varient entre 100 et 450 mm et les précipitations mensuelles varient entre 3 et 45 mm, selon les données enregistrées dans les trois stations (Chéria, Dalaa et Meskiana) de la région et sur une période de 23 ans (1988 – 2010).

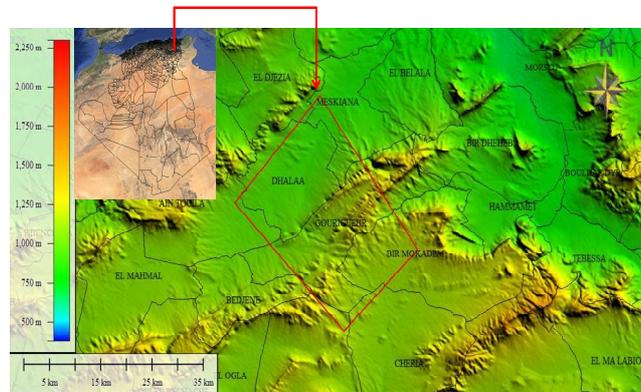


Figure 2 : Situation géographique de la zone d'étude

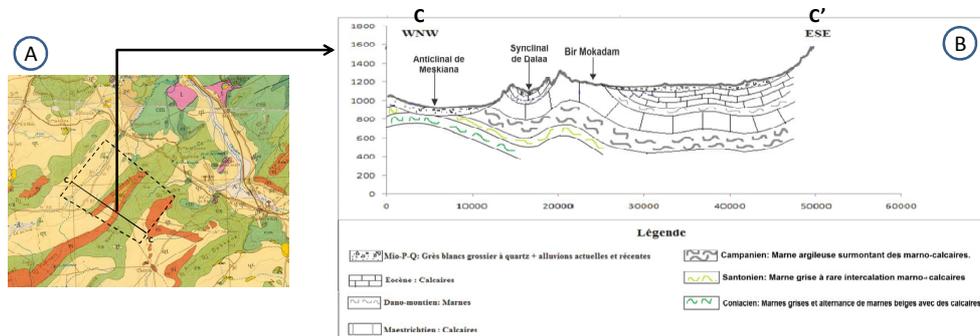
De point de vue lithologique, on peut distinguer trois formations géologiques susceptibles d'être aquifère (tableau 1) :

- L'aquifère des calcaires maestrichtien* : ce niveau est formé par des calcaires bien fissurés, avec une karstification développée intensément et principalement dans les 50 mètres supérieures du calcaire (Chaffai et al. 2006) ;
- L'aquifère des calcaires Eocène* : dans le synclinal d'Ain Dalaa, les calcaires éocènes ont une importance hydrologique non discutable (Durozoy, 1952). La perméabilité est celle d'un karst bien développé dans la périphérie de Chéria. (Chaffai et al. 2006) ;
- L'aquifère Mio-plio-Quaternaire* : ce système rassemble deux aquifères : L'aquifère du niveau sableux du Miocène et l'aquifère des alluvions quaternaires et actuelles. Ces formations jouent dans la partie Nord du plateau de Chéria le rôle d'alimentation des calcaires maestrichtiens et éocènes par infiltration.

Tableau 1 : Log hydro-lithostratigraphique des formations géologiques

Période	Epoque	Etage	Epaisseur	Lithologie	Hydrogéologie	
					Perméabilité	Aquifère
Quaternaire	Quaternaire	Quaternaire	-	Limon gris et des graviers; Croûte rosâtre feuilletées; Croûte calcaires blanches.	Perméable	Aquifère du Mio-Plio-Quaternaire
Néogène	Miocène	Tortonien-Langhien	60	Grès blancs grossiers à quartz	Perméable	Aquifère de l'Eocène
		Yprésien	200	Alternance de micrite décimétrique gris-blanchâtre et biomicrite décimétriques ou métriques blanchâtre		
Paléogène	Paléocène	Thanétien	70	Marnes gris verdâtres	Imperméable	Substratum
		Montien				
Crétacé	Crétacé sup	Maestrichtien sup	150	Calcaires noduleux ocrés avec quelques nodules de silex de couleur blanchâtre	Perméable	Aquifère de Maestrichtien
		Maestrichtien inf	50	Marnes gris-beiges.	Imperméable	Substratum

De point de vue tectonique, ces trois aquifères présentent une grande potentialité en eaux dans les synclinaux (Dalaa et Chéria), vu la géométrie favorable à l'accumulation des eaux souterraines et la fissuration qui permettra une bonne circulation des eaux (figure 3).



Légende : A) extrait de la carte géologique de l'est Algérien (1/500 000) (Deleau P. et Laffitte R. (1951)) ; B) coupe géologique selon la direction WNW-ESE

Figure 3 : Carte et coupe géologique de la zone d'étude

Une étude de la fissuration au niveau du flanc SE du synclinal de Gourrigueur a été réalisée par Hireche S. en 2014 (figure 3), elle montre l'existence de deux types de fissuration (longitudinale et transversale) dominantes et une fissuration oblique. Cela confirmera le modèle de fissuration proposé par Ramsay & Huber (1987) (figure 1).

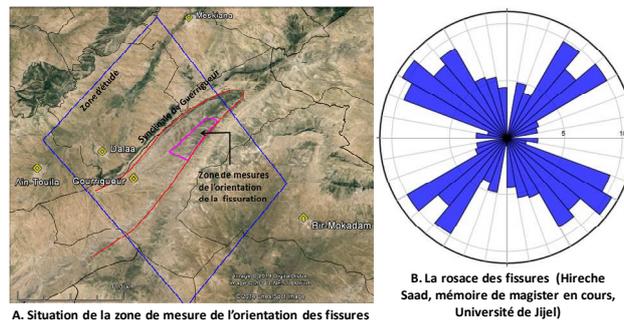


Figure 4 : Rosace des fissures dans le flanc SE du synclinal de Gourrigueur

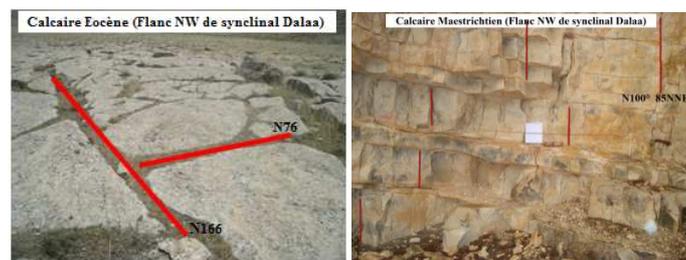


Photo 1 : Fissuration dans les formations géologique de l'Eocène et du Maestrichtien

3. Matériels et méthodes

Pour réaliser cette étude un suivi trimestriel de l'hydrodynamique des eaux souterraines a été réalisé pendant la période du 9 avril 2013 au 14 février 2014. Un GPS de marque GARMIN

« GPS MAP 62 S » a été utilisé pour localiser nos points d'eau. Les mesures du niveau piézométrique ont été faites à l'aide d'une sonde lumineuse de marque SEBA KLL.

4. Résultats et discussion

Pour connaître la direction d'écoulement des eaux souterraine, sur la base de la différence de charge, nous avons fait un profil hydrogéologique, selon la direction WNW-ESE, passant par les piézomètres non influencés par le pompage (Figure 5).

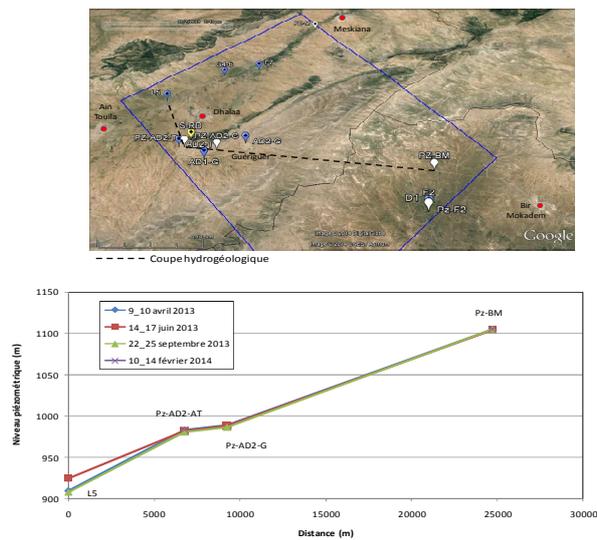


Figure 5 : Evolution spatio-temporelle du niveau piézométrique dans les points d'eau de la coupe hydrogéologique qui traversent la zone d'étude selon la direction WNW-ESE

Cette figure montre que l'écoulement des eaux souterraines peut se faire de l'ESE vers le WNW, cas où les fissures de la zone d'étude sont connectées. L'évolution temporelle montre que cette direction est stable dans le temps. Dans le cas contraire où il n'y a pas de connexion entre les fissures sur l'ensemble de la zone d'étude, un modèle du fonctionnement hydrodynamique est proposé dans la figure 6 en se basant sur :

- les structures géologiques ;
- la rosace des fissures (figure 4)
- et les réponses hydrodynamiques des forages : lorsque la réaction hydrodynamique du piézomètre est importante à un pompage, cela indiquera qu'il y a une connexion entre eux, par contre lorsqu'il n'y a pas de réponse cela indique qu'il n'y a pas de connexion.

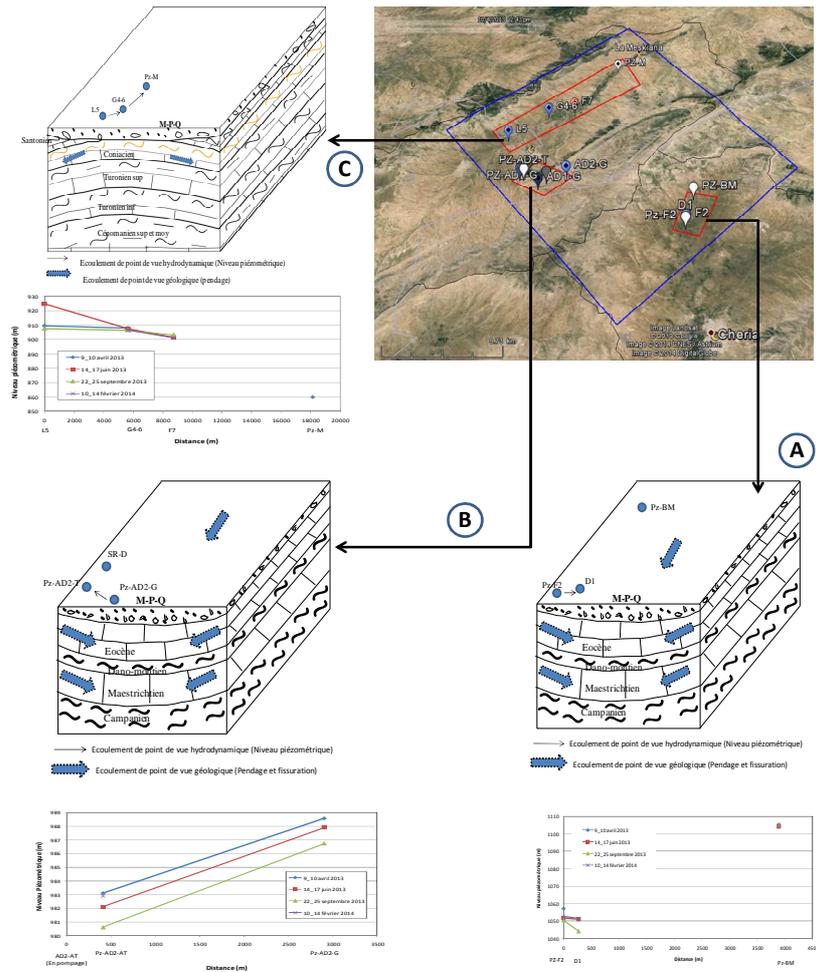


Figure 6 : Modèles conceptuels du fonctionnement hydrodynamique dans le flanc de Bir-Mokadam et le synclinal de Chéria (A) ; le synclinal de Gourrigueur (ex Ain Dalaa) (B) et les formations calcaires du Turonien (bassin de Meskiana) (C)

Cette figure montre que l'écoulement en profondeur peut prendre d'autres directions que celles observées en surface ou supposée par la structure de la couche.

5. Conclusion

Cette étude montre que la rosace des fissures et la structure des couches ne sont pas suffisantes pour déterminer la fissuration et l'écoulement des eaux en profondeur et que l'étude des réponses hydrodynamique est très importante pour compléter ces deux approches et avoir un modèle d'écoulement des eaux plus complète en surface et en profondeur.

Bibliographie

Bazalgette L. 2004. Relations plissement/fracturation multi échelle dans les multicouches sédimentaires du domaine élastique/fragile : Accommodation discontinue de la courbure par la fracturation de petite échelle et par les articulations. Possibles implications dynamiques dans les écoulements des réservoirs. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II (France), 252 p.

- Chaffai H., Laouar R., Hani A., Baali F. 2006.** Les formations karstiques du plateau de Chéria (Algérie). Identification et évaluation des ressources en eau. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n 05, Juin 2006, pp.121-131
- Deleau P. et Laffitte R. 1951.** Carte géologique du Nord-Est Algérien, échelle 1/500 000. Publier par le Service de la Carte Géologique de l'Algérie.
- Durozoy G. 1952.** Etude hydrogéologique du synclinal de l'Ain Dalaa. XIXème Congrès Géologique International « La géologie et les problèmes de l'eau en Algérie » à Alger (Algérie), tome 2, pp. 130-143.
- Hireche S. (en cours) :** Analyse multi-scalaire de la fracturation du réservoir éocène du synclinal de Dalaa (Algérie Nord orientale). Mémoire de Magister, Université de Jijel.
- Ramsay J. G. and Huber M. I. 1987.** The techniques of modern structural geology, Vol. 2: Folds and Fractures, Academic Press Editions, 700 pages.

ANALYSE MULTI-ECHELLE DE LA FRACTURATION POUR L'IDENTIFICATION D'UN SYSTEME DE CONTROLE D'ECOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES (EXEMPLE DE LA REGION DE SEGUI, GOUVERNORAT DE GAFSA, TUNISIE MERIDIONALE)

Mohamed Haythem MSADDEK ¹, Yahya MOUMNI ¹, Ismail CHENINI ¹, Mahmoud DLALA ¹, Aziez ZEDDOURI ²

¹Département de Géologie, Faculté des sciences de Tunis, Université Tunis El Manar, Tunisie

²Laboratoire de BioGéoChimie des Milieux Désertiques. Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie

Adresse E-mail : mmhaythem@gmail.com

Résumé

La région de Ségui qui se situe au Sud-Est de la ville de Gafsa en Tunisie méridionale, est caractérisé par des ressources en eaux souterraines assez faibles vue sa localisation près d'un grand accident structural celui de Gafsa, ainsi que les nappes phréatiques sont de très mauvaise qualité (salinité qui dépasse 11g/l) vue l'abondance des vastes étendues des chotts qui jouent un rôle primordial dans la contamination de ces nappes lors de l'infiltration, ce qui nécessite la recherche des nouveaux aquifères surtout au niveau des formations carbonatées abondantes dans cette région.

L'analyse multi-échelle de la fracturation qui se fait par l'étude des grandes failles à l'échelle des images satellitaires (Landsat) d'une part, et la mesure des fractures métriques à l'échelle de l'affleurement d'autre part, montre qu'il existe un système de contrôle de l'écoulement des eaux, où, en premier lieu, les réseaux des failles majeures (N100-N130) jouent un rôle de blocage des eaux souterraines en formant une sorte de seuil tectonique en surface et un seuil hydrogéologique en sub-surface, et, en deuxième lieu, les familles majeures des fractures sont soit perpendiculaires au pendage des couches géologiques ou parallèles (un système conjugué de familles), avec des facteurs qualitatifs de la fracturation favorisant la circulation des eaux, ainsi que des facteurs quantitatifs assez importants qui favorisent la formation d'un aquifère carbonaté dit fracturé.

Motsclés :fracturation, écoulement, gafsa.

1. Introduction

La région de Ségui qui se situe au Sud-Est de la ville de Gafsa en Tunisie méridionale, est caractérisé par des ressources en eaux souterraines assez faibles vue sa localisation près d'un grand accidentstructural celui de Gafsa qui appartient à l'accident Sud Atlasique [1], ainsi que les nappes phréatiques sont de très mauvaise qualité. Ces données impliquent la recherche d'autres ressources d'eaux dans les formations géologiques carbonatées pour alimenter les

habitants de la région qui souffrent du manque grave surtout en eau potable, et en second lieu pour alimenter l'activité agricole et pour assurer le développement durable de cette région.

Les observations sur le terrain montrent qu'il existe une relation directe entre la fracturation que ce soit les grandes failles qui affectent la région ou les fractures métriques mesurées au niveau des affleurements, et l'écoulement des eaux souterraines dans les aquifères carbonatés, donc une étude multi-échelle de la fracturation a été faite pour mettre en évidence cette relation.

2. Outils et méthodes

La réalisation de ce travail fait appel à deux volets d'étude :

1. Une analyse multi-échelle de la fracturation en utilisant diverses méthodes d'observation et d'analyse :

- Extraction et cartographie des linéaments et des accidents géologiques à partir des images satellitaires Landsat par la méthode d'extraction semi-automatique [2] en utilisant les images satellitaires Landsat 7 ETM+ / SRTM-.
- Vérification et confirmation des données précédentes sur le terrain.
- Levée de fracturation sur le terrain selon la méthode d'analyse quantitative proposée par Ruhland (1973) [3]. Cette méthode consiste à déterminer les paramètres suivants : la fréquence, l'écartement moyen, la densité, l'ouverture.

2. Une synthèse hydrogéologique en consultant les données des forages, le suivi piézométrique, les séries lithostratigraphiques etc...

3. Résultats et discussion

Après avoir fait une synthèse lithostratigraphique des séries qui affleurent dans le secteur ainsi que leurs épaisseurs et leurs âges, nous avons fait l'étude de la fracturation selon deux échelles différentes :

- *Première échelle : Analyse des images satellitaire* : qui s'agit d'une échelle cartographique (1/250.000) pour faire l'identification des grands accidents qui affectent le secteur.

Pour les images satellitaires, le choix s'était pour la version de Landsat 7 ETM+ / SRTM- pour leurs qualités et leurs données récentes.

L'analyse des images satellitaires par la méthode d'extraction semi-automatique des grands linéaments des images de Landsat 7 ETM+ / SRTM- par les différents filtres sobels et l'observation et la confirmation effectuée sur le terrain montre qu'il existe une direction majeure globale des failles (N100-N130) qui ont une manifestation tectono-sédimentaire

spectaculaire ainsi qu'un contrôle des différentes structures géologiques et topographiques qui existent dans la région. Cette manifestation est enracinée et semble très profonde et représente même des failles du socle [4].

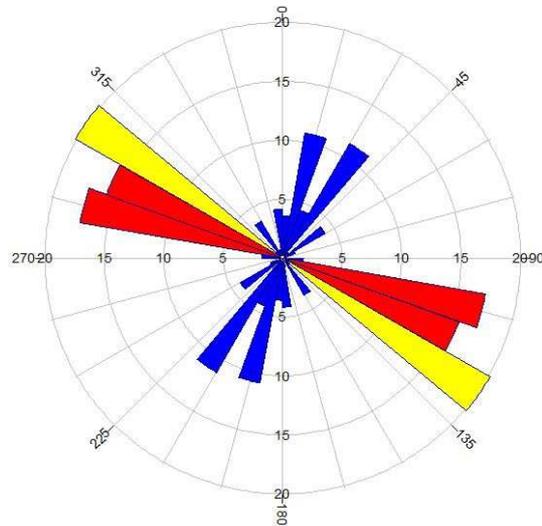


Figure 1. Rose diagramme des directions des failles extraites à partir des images satellitaires

- *Deuxième échelle : Levé de la fracturation à l'affleurement* : Il s'agit d'une échelle métrique qui consiste à lever des stations de fracturation à 1m^2 ($1\text{m} \times 1\text{m}$) au niveau des bancs carbonatés du Crétacé supérieur et plus précisément le Cénomanién-Turonien ainsi que le Maastrichtien, où nous avons pu mesurer 40 stations de fracturation.

Le choix du pas de mesure de la fracturation est à 5km ($\pm 100\text{m}$ selon la disponibilité de l'affleurement) pour que les stations seront en cohérence avec les échelles de la cartographie ($1/50.000$), ($1/100.000$) et ($1/250.000$). Les stations de la fracturation couvrent la totalité des affleurements du Crétacé supérieur qui existent dans le secteur d'étude.

Les familles majeures qui se dégagent sont celle de N130-N160 qui est quasiment parallèle aux réseaux de failles, et celle de N30-N60 qui est conjuguée à la première, avec l'existence d'autres familles de fractures mais qui sont moins importants. La fréquence est de l'ordre de $10/\text{m}$ pour la première famille et $6/\text{m}$ pour la deuxième, une densité de l'ordre de $20/\text{m}$, un écartement moyen de 11cm , et une ouverture de l'ordre de 2cm . Ces fractures montrent qu'elles sont ouvertes et ne contiennent pas de remplissage, et elles sont profondes et recoupent la totalité du banc.

Ces paramètres montrent une bonne aptitude à faire circuler de l'eau en offrant une porosité et interconnexion entre les fractures assez importantes.

Les données hydrogéologiques disponibles qui touchent les niveaux carbonatés du Crétacé supérieur ne sont pas assez importantes, et elles sont dans la plupart des cas des données de reconnaissance du système aquifère. Elles montrent une subdivision du système en deux nappes à l'Est du secteur, ainsi qu'une zone stérile à l'Ouest du secteur où les formations carbonatées ne contiennent pas de l'eau. Ce problème est lié principalement à la tectonique et aux failles majeures qui existent dans le secteur d'étude où elles font des coupures, des tronçatures et même des seuils tectoniques et structurales en affleurement. Ce phénomène continue à manifester en subsurface où il représente un seuil hydrogéologique expliqué par la présence de l'eau d'une part d'une faille majeure et l'absence totale de l'autre part de cette faille. Ce phénomène est bien représenté par la carte piézométrique [5] du secteur où les courbes isopièzes montrent une allure normale au cœur du bassin puis une coupure totale à la bordure de la faille (vont être représenté sur une carte de synthèse).

Les fractures métriques (mesurées sur les bancs carbonatés à l'affleurement) jouent aussi un rôle très important dans l'hydrodynamisme des nappes, ainsi que la circulation de l'eau et l'écoulement souterrain. Les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe comme le débit spécifique, le coefficient d'emmagasinement et surtout la transmissivité affirment que la qualité de la fracturation favorise la circulation des eaux souterraines comme le montre le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques hydrodynamiques globale des nappes du secteur

Débits spécifiques l/s/m	Coefficient d'emmagasinement	Transmissivité m²/s
0,52	1×10^{-4}	$1,35 \times 10^{-3}$

4. Conclusion

Les observations et les résultats de ce travail montrent que la fracturation à ces différentes échelles joue un rôle très important dans la circulation des eaux souterraines et le contrôle de l'écoulement.

Il faut, donc, procéder à l'exploitation de ces nappes surtout en admettant que les ressources sont estimés à 0,7 M3/an et l'exploitation ne dépasse pas 0,17 M3/an (en 2003) ce qui indique que ces nappes sont sous exploitées.

Signalant que les habitants de cette région souffrent vraiment du manque de l'eau potable et l'eau pour leurs activités agricoles vue la profondeur assez importante de ces nappes ce qui

empêche les individus de les exploitées, donc l'intervention de l'état est primordiale pour l'exploitation et la gestion de ces ressources en eaux assure un développement durable dans cette région.

5. Références

- [1] ZARGOUNI F. (1985) : Tectonique de l'Atlas méridional de Tunisie, évolution géométrique et cinématique des structures en zone de cisaillement. Thèse de l'Université de Strasbourg, 304p
- [2] KASSOU A., ESSAHLAOUI A. & AISSA M. (2012), Extraction of Structural Lineaments from Satellite Images Landsat7 ETM+ of Tighza Mining District (Central Morocco), Research Journal of Earth Sciences 4 (2): 44-48, 2012
- [3] VIALON P., RUHLAND M. & GROLIER J. (1976),Eléments de Tectonique Analytique. Masson Ed., Paris, 118p.
- [4] BOUKADI N. (1994) : Signification géométrique et cinématique des noeuds et des zones d'interférences structurales au contact de grands couloirs tectoniques. Thèse de Doctorat d'Etat. Université de Tunis II, 249p.
- [5] MAMOU A. (1997) : Développement des ressources en eau en Tunisie, situation actuelle et perspectives Rapport de la direction générale des ressources en eau (DGRE).

APPORT DE LA GEOCHIMIE DANS LA CARACTERISATION DU POTENTIEL GEOOTHERMIQUE DES GISEMENTS HYDROTHERMAUX DES AURES

Houha Belgacem, Chnakar Hichem, Berkani Chérifa et Osmani Soumia

Laboratoire Eau, Environnement et Energies renouvelables.

Résumé :

Le massif des Aurès, culmine à 2328 m d'altitude, orienté sud-est-nord-ouest, sur plus de 60 km de long, constitue la barrière arrière qui surplombe les hautes plaines orientales de l'Algérie. Ce domaine atlasique, représenté par les calcaires, calcaires dolomitiques et les grès, est le siège de nombreuses sources d'eau chaude, qui émergent en faveur de nombreux accidents tectoniques. Il s'agit des sources de **Hammam Essalihine, El-Knif et Djarir**. Ces zones constituent un gisement d'énergie quasiment inépuisable.

L'objectif de notre étude est d'évaluer le potentiel géothermique que recèlent ces ressources thermales, de mettre en évidence le gradient géothermique de la région et d'estimer la profondeur des gisements hydrothermaux à laquelle descendent et se réchauffent les eaux souterraines, pour remonter, le long des failles et réapparaître en surface à des températures à l'émergence, respectivement de, 70°C, 47°C et 37°C.

Cette étude intègre plusieurs approches scientifiques, il s'agit de la géologie, de l'hydrogéologie, de la géochimie et enfin, de la géothermométrie.

Mots clés, sources thermales, hydrochimie, géothermie, géothermomètres, enthalpie

MINERALISATION ASSOCIEE A LA TECTONIQUE ET L'HYDROTHERMALISME : EXEMPLE DU MASSIF DE CHAAMBI (TUNISIE CENTRALE)

Hedi Zouari, hedizouari3@gmail.com
Abdelkrim Charef, Abdelkrim.Charef@certe.nrnt.tn
Centre de Recherches et des Technologies des Eaux, Technopole de Borj Cédria

Résumé :

Le massif de Chaambi se situe en Tunisie centrale et forme le point culminant de la Tunisie, dont le sommet se situe au Kef Chaambi avec une altitude de 1544 m. Ce massif est connu par la présence de minéralisation plombo-zincifère avec une gangue de barytine qui est exploitée depuis l'époque romaine.

Cette minéralisation se trouve essentiellement au nord des affleurements triasiques et particulièrement abondante dans la partie orientale du Jebel Agab dans les séries du Crétacé supérieur et ne se trouve pas dans les séries plus récentes. Dans cette zone, la minéralisation se trouve dans la formation Douleb d'âge Coniacien, sous forme de filons et de plaquage dans les fractures. Ces filons peuvent atteindre une épaisseur de 1 m et sont parallèles ou obliques à la stratification. Dans les autres zones situées au nord des affleurements triasiques, la minéralisation se présente sous forme de plaquages dans les fractures et particulièrement dans les brèches tectoniques au contact du Trias.

La répartition spatiale de la minéralisation permet de constater que son dépôt est lié aux failles N-S, NW-SE et au contact triasique. L'analyse des inclusions fluides reconnues dans cette minéralisation permet de constater qu'il s'agit de fluides hydrothermaux.

A partir de ces données, nous proposons un modèle tectonique basé sur l'existence de failles profondes associées à d'autres failles, qui favorisent la venue et la circulation des eaux hydrothermales qui ont permis le lessivage des roches traversées et le dépôt de la minéralisation.

CARACTERISATION CHIMIQUE ET ISOTOPIQUE DES EAUX THERMALES DE L'EST ALGERIEN ET LEUR POTENTIEL GEOTHERMIQUE

CHENAKER Hichem ¹, HOUHA Belgacem ².

¹ Laboratoire de LASPI.2.A, Université Abbes LAGHROUR Khenchela, Algérie.

E-mail : drchenaker@yahoo.fr

² Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département d'Ecologie et environnement

E-mail : bhouha@yahoo.fr

Résumé :

Ce travail a pour objectif de révéler la qualité et l'origine des eaux thermales de l'Est Algérien, définir le chimisme ainsi que leurs zones d'alimentation, leurs processus d'acquisition de la température, profondeur et de la minéralisation, il est basé sur une analyse hydrogéochimique et isotopique (^{18}O , ^2H).

L'étude des paramètres physiques montre que les températures élevées, entre 43 à Khenchela et 97°C à Guelma témoignent d'une origine profonde. Les valeurs de la conductivité électrique indiquent une minéralisation très élevée. Le pH des eaux varie légèrement entre acide et alcalin, les eaux acides sont des eaux carbo-gazeuses.

L'étude hydro-chimique montre que les ions ont une origine géologique. Le faciès chimique est variable d'une source à une autre en fonction de la roche réservoir, les teneurs en éléments traces de l'ensemble des points de la zone d'étude sont généralement faibles.

Les résultats isotopiques montrent que les eaux appauvries en ^{18}O ($<-7,6\text{‰}$) indiquant une recharge relativement ancienne ;). Les différences des teneurs en $\delta^{18}\text{O}$ et en $\delta^2\text{H}$ liées aux altitudes de recharge.

Il est à noter que les caractéristiques géochimiques des eaux, nécessaires à une évaluation de la température en profondeur, sont rarement disponibles. Pour cela, des analyses chimiques seront effectuées sur une centaine d'échantillons.

Dans ces régions, la valeur du gradient géothermique peut aller jusqu'à plus de trois fois celle du gradient normal qui est de 3 °C / 100 m.

L'application des différentes formules géothermométriques nous a permis d'estimer la température (entre 82 et 180 °C) par les géothermomètres à silice et cation (Na/K), on a pu cerner le réservoir d'origine entre 1600 à 3200 m de profondeur, qui confirme d'une origine profonde de ces eaux.

Mots Clés: eau thermale, géothermie, hydrochimie, isotopes, faciès, Algérie.

ETUDE GEOCHIMIQUE DES EAUX THERMALES DE LA REGION DE FES, MAROC

Lazrak S¹., Er-Raoui S¹., Sadki O². et Benaabidate L¹.

1- Laboratoire de Géoressources et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques USMBA,

B.P. : 2202, Fès 30000 Maroc Email : benaabidate@yahoo.fr

2- Office National des Hydrocarbures et des Mines, Rabat, 5, avenue Moulay Hassan, Rabat

Email : sadki@onhym.com

Résumé

L'étude des paramètres physico-chimiques des sources thermales de la région de Fès a permis de conclure, tout d'abord, qu'une grande partie de ces sources sont de type mésothermal et présentent des pH qui oscillent au tour de la neutralité, ainsi que des taux d'oxygène relativement faibles. En outre, la plupart des sources présentent des eaux douces avec des TDS inférieures à 5g/l. Ces sources présentent des faciès chimiques variables suivant la diversité de la zone étudiée. Les faciès déterminés aussi bien sur le diagramme de Piper que logarithmique montrent que les eaux étudiées sont généralement chlorurés-sodiques ou bicarbonatés-calciques. L'application de la méthode de D'Amore et al. (1983) aux eaux étudiées a permis d'établir une relation entre la chimie des eaux émergentes en surface et la lithologie des aquifères d'origine. Ainsi, trois types de faciès ont été déterminés, avec une nette prédominance de faciès calcaire et détritique carbonaté.

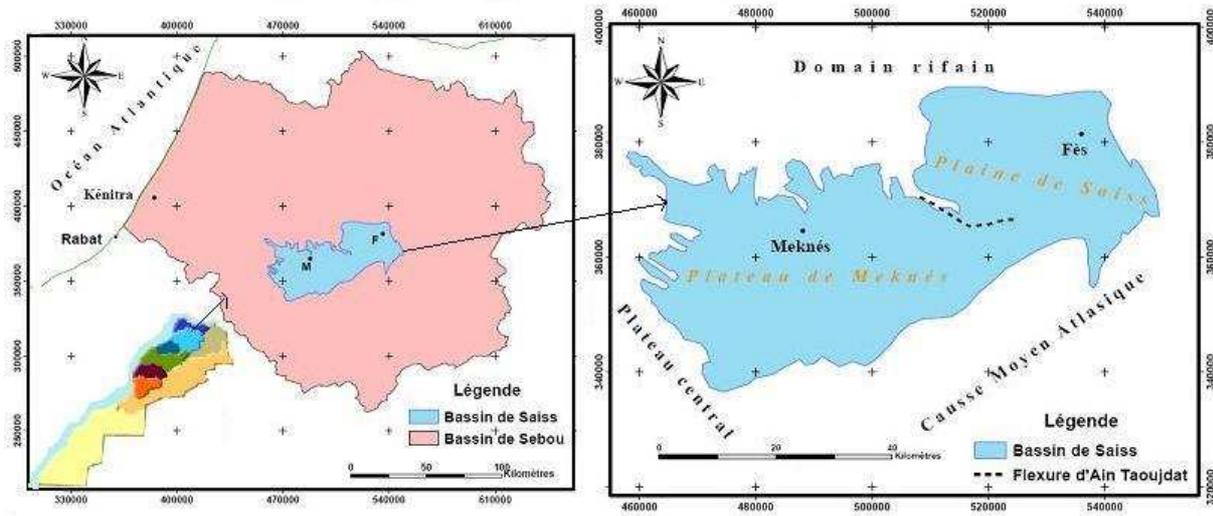
Le traitement statistique des données des analyses chimiques en composante principale a permis de grouper les sources selon leurs origines, d'où on conclue que les sources Sidi Harazem1, sidi Harazem2 et Skhinate sont de même origine, par contre les autres sources Ain Allah et Moulay Yacoub possèdent des origines différentes.

Mots clés : Source, thermalisme, hydrochimie, géochimie

Introduction

Les points d'eau étudiées sont captés ou émergent dans le bassin de Saïss, appelé aussi bassin Meknès – Fès, qui fait partie du Sillon sud-rifain. Celui-ci, considéré comme un couloir ou encore détroit, correspondant à une dépression allongée dans une direction sensiblement E-W. Ce sillon s'étend jusqu'en Atlantique à l'Ouest, et limité à l'Est, par le col de Touahar. Il est limité par trois domaines montagneux différents qui sont le domaine rifain et pré-rifain au Nord et les domaines du Moyen Atlas et du Maroc central mésétien au Sud (Fig.1). Le bassin de Saïss s'étend à l'Est du seuil d'El Kansra sur 100 Km de long dans une direction E-W et sur 30 Km de large dans une direction N-S. Sa superficie totale est de 2100 Km². Il est

considéré, dans son ensemble comme un vaste synclinal dissymétrique de direction E-W qui s'enfonce progressivement du Sud vers le Nord, et se redresse brusquement au contact des



rides pré-rifaines (Amraoui, 2005).

Fig.1 : Situation du bassin de Saissau sein du bassin de Sebou

La série lithostratigraphique du bassin de Fès-Meknès est composée de formations géologiques

allant du Primaire au Plio-quaternaire, cette étude lithostratigraphique est basée sur une étude bibliographique (Fig.2).

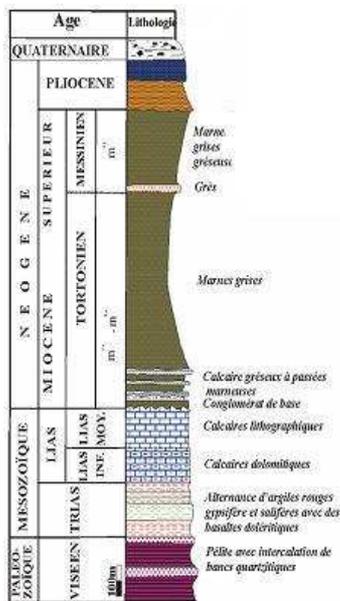


Fig.2 : Lithostratigraphie du bassin de Saiss (Essahlaoui, 2000)

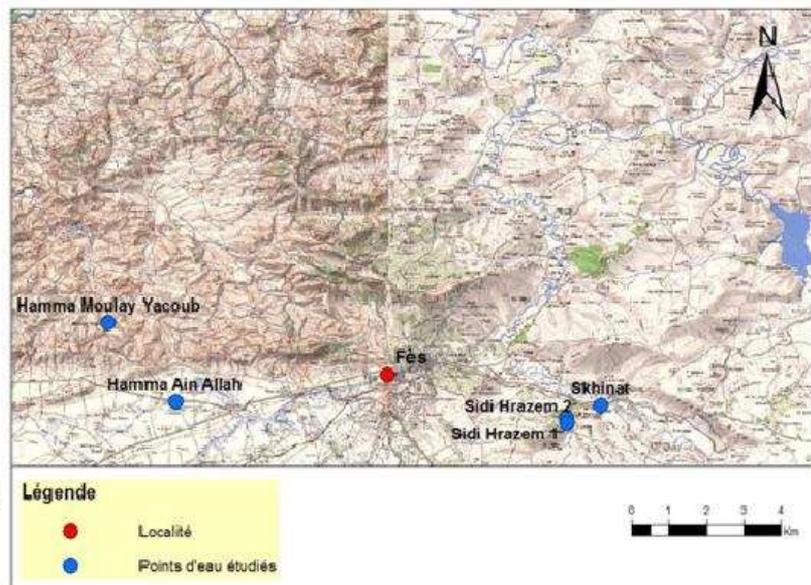


Fig.3 : Situation des sources thermales étudiées

Matériels et les méthodes

Des mesures in situ ont été réalisées par un appareil multiparamètre et ont à déterminer le pH, la température, l'oxygène dissous et la conductivité électrique. Les échantillons prélevés ont été transportés et filtrés afin d'éliminer les matières en suspension. Au laboratoire de l'ONHYM (Office National des Hydrocarbures, Rabat), les eaux échantillonnées ont été filtrées puis des teneurs des éléments chimiques par la technique de l'ICP-SEA. Les résultats de ces analyses sont donnés par le tableau (1 et 2)

Tab.1 : Valeurs des paramètres physicochimiques

N°	Sources	pH	T (°C)	O ₂ dissous (mg/l)	C.E (µS/cm)	Résidu. sec (mg/l)	TDS (mg/l)
1	Ain Allah	7,41	42,2	4,61	695	490	600,5
2	Moulay Yacoub	6,56	52,6	0,51	45700	30118	29001,7
3	Skhinat	7,27	32,7	0,91	2040	1290	1302
4	Sidi Harazem 1	7,29	33,9	1,85	1553	980	1030
5	Sidi Harazem 2	7,33	33,9	1,97	1545	956	1113

Tab.2 : Analyses chimiques des eaux thermales étudiées

N°	Sources	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Balance %
1	Ain Allah	3,00	0,036	2,58	2,74	2,42	0,563	5,39	0,09
2	Moulay Yacoub	53,69	6,210	23,85	406,72	500,55	0,820	2,62	1,36
3	Skhinat	4,25	0,190	3,83	12,00	14,17	0,667	5,69	0,63
4	Sidi Harazem 1	3,80	0,103	3,75	8,35	9,94	0,646	5,34	0,24
5	Sidi Harazem 2	4,10	0,120	3,78	8,72	10,02	0,698	6,34	1,01

Résultats et discussions

Les résultats des analyses des éléments chimiques majeurs vont servir à la caractérisation des eaux, ceci induit l'utilisation de la représentation graphique comme le diagramme de Piper (1944) et le diagramme de Durov (1948). Le premier diagramme (Fig.4) a permis d'obtenir les deux faciès; bicarbonaté calcique (Ca HCO₃) représenté par la source n°1 (Hamma Ain Allah) et chloruré sodique (Na-Cl), représenté par les sources n°2 (Hamma Moulay Yacoub), n°3 (Skhinat), n°4 (Sidi Harazem 1), n°5 (Sidi Harazem 2). La représentation graphique de la composition des eaux du complexe hydrothermal « Moulay Yacoub – Sidi Harazem » montre une évolution des eaux entre deux pôles dont l'un est chloruré sodique et l'autre carbonaté calcique.

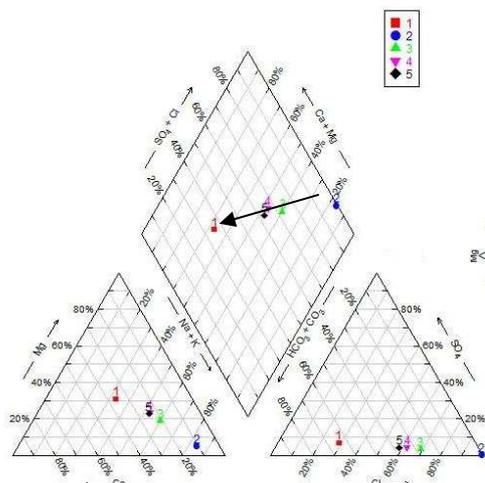


Fig.4 : Diagramme de piper

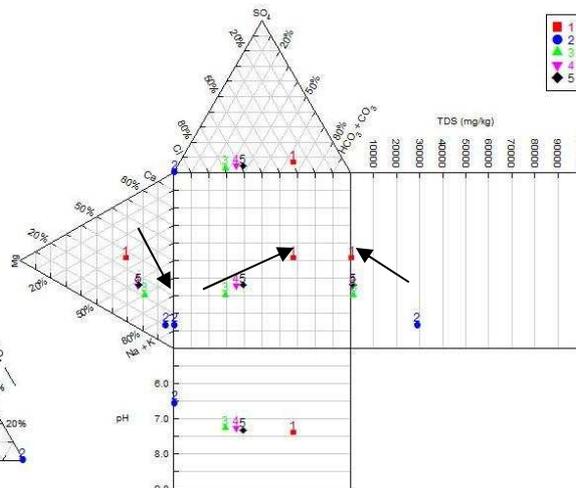


Fig.5 : Diagramme de Durov

Afin de mieux comprendre cette évolution, il a été judicieux de représenter la composition de ces eaux ainsi que d'autres paramètres tels que la salinité et le pH dans le diagramme de Durov(Fig.5) qui précise que cette évolution se traduit aussi par une variation de la salinité et du pH. Ceci peut être lié soit à l'existence de deux aquifères différents dans l'un est carbonaté avec des eaux à faible charge saline et l'autre est évaporitique à salinité élevée. La participation des eaux de surface (carbonatées et moins salines) n'est pas exclue. L'application de la méthode I.I.R.G. (D'Amore et al, 1983) aux eaux étudiées (Tab.3) a permis d'établir une relation entre la chimie des eaux émergentes en surface et la lithologie des aquifères d'origine. Pour ce fait, trois types de faciès ont été déterminés avec une nette prédominance de faciès calcaire et détritique carbonaté.

Tab.3 : Calcul des paramètres de la méthode IIRG

	A	B	C	D	E	F
Hamma Ain Allah	57,66	-26,07	3,89	1,91	2,40	2,68
Hamma Moulay Yacoub	0,36	-82,76	-16,39	78,06	15,29	-73,24
Skhinat	24,47	-55,95	-9,83	40,31	12,14	-39,17
Sidi Hrazem 1	29,48	-48,12	-10,24	28,74	13,65	-29,08
Sidi Hrazem 2	33,08	-48,06	-6,59	29,55	9,96	-28,35

Conclusion

L'interprétation des paramètres physico-chimiques des sources thermales de la zone étudiée a permis de dire que pratiquement toutes les sources thermales étudiées sont de type mésothermal, type douce à l'exception de la source de Moulay Yacoub et sont généralement chlorurés-sodiques, et bicarbonatés-calciques. Par ailleurs, l'application de la méthode IIRG a permis de conclure que les réservoirs respectifs des eaux thermales étudiées présentent une prédominance de faciès calcaire et détritique carbonaté.

Références

Amraoui F., 2005 : Contribution çà la connaissance des aquifères karstiques : cas du Lias de la plaine de Sais et du Causse moyen atlasique tabulaire (Maroc). Thèse Doc. Es-sc., Univ. Hassan II, Casablanca, Maroc. 249 p.

D'Amore F., Scandifio G. and Panichi C., 1983 : Some observations on the chemical classification of ground waters. Geothermics, Vol. 12, No. 2/3, pp. 141 - 148, 1983.

Durov S.A., 1948 : Natural waters graphic representations of their compositions. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 59 : 87 – 90.

Essahlaoui A., 2000 : Contribution à la reconnaissance des formations aquifères dans le bassin de Meknès-Fès (Maroc). Prospection géoélectrique, étude hydrogéologique et inventaire des ressources en eau. Thèse Doct. en Sc. App., Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, Maroc, 258p.

Piper A.M., 1944 : A Graphical Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis., Trans. Am. Geophysical Union 25 : 914-923.

FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES AQUIFERES KARSTIQUES ET LEUR CLASSIFICATION, APPLICATION DE L'APPROCHE FONCTIONNELLE, CAS DU SYNCLINAL DU DYR – GASTEL, W. DE TEBESSA (NE ALGERIEN).

⁽¹⁾DJEBARI Hacene

⁽¹⁾Département de Géologie, Université Badji-Mokhtar, BP 12 Annaba 23 000 Algérie. d_hacene@yahoo.fr

⁽²⁾ MAOUI Amar

⁽²⁾ Université 8 mai 1945 Guelma, Département de Génie civil et Hydraulique.

Résumé

Pour comprendre le fonctionnement du système karstique de Djebel Dyr et essayer de le classer, nous évoquons les synthèses d'application des méthodes de l'approche fonctionnelle dans le traitement et l'analyse des chroniques des débits d'écoulement à l'exutoire de son aquifère. Ce synclinal fait partie du bassin d'effondrement de Tébessa-Morsott et se localise du côté Nord-oriental de l'Algérie. L'étude descriptive de ces débits, aux exurgences (Aïn Zerga et Aïn Erkel), à l'aide des représentations graphiques qui s'ajustent au fait à la loi (normale) de Gauss, permet d'identifier le fonctionnement des exutoires des deux systèmes ; Éocène (Épikarst) et Maestrichtien (Holokarst). La caractérisation du fonctionnement de la zone d'infiltration se fait par l'analyse des courbes de récession, selon le modèle à deux réservoirs (A. Mangin. 1970), en déterminant le coefficient d'hétérogénéité d'écoulement (ϵ) et de vitesse d'infiltration (η) et par l'évaluation du coefficient de tarissement (α) pour celui de la zone noyée. Le modèle karstique type est obtenu par le report des valeurs des paramètres, (i) [retards à l'infiltration] et (k) [rapport entre le volume dynamique maximum obtenu sur la période d'étude et le volume de transit interannuel sur la même période], sur le diagramme de Mangin (1996).

I – Introduction

Le Dyr-Gastel forme la bordure Nord-est du bassin d'effondrement de Tébessa-Morsott, à environ 20km de la Tunisie. C'est l'un des pays karstiques du NE Algérien. Il couvre une aire de 162km² et se compose de deux systèmes aquifères, localisés dans les Calcaires fissurés Éocène et Maestrichtiens. Le mécanisme hydrodynamique de ses réservoirs se caractérise par une complexité dont l'ampleur peut être décelée par le concours de la lithologie, la géométrie, la variabilité hydroclimatique...etc. La finalité est d'arriver à une classification type de ces systèmes selon une typologie universelle. Pour ce faire, nous étions appelés au préalable, de prouver leur caractère karstique, et mettre en évidence ensuite, la présence d'impluvium fluctuant aux travers des fuites ou apports éventuels (pouvant se produire entre différents

systèmes), les conditions de mise en fonctionnement de trop-plein, l'estimation des volumes de transit (V_{dyn}).

II – Matériels et Méthodes

L'application des méthodes de l'approche fonctionnelle est l'un des procédés d'étude des réservoirs karstiques les mieux appropriés (Crochet & Marsaud 1996). Elles s'appuient sur le traitement de données de vidange des aquifères à leurs exurgences. Les données (nécessaires) d'écoulement des deux sources (Aïn zerga et Aïn Erkel, vidanges respectives des systèmes Maestrichtien et Éocène) sont obtenues des stations hydrométriques (chronique de 1974/75 à 1999/2000). Les débits journaliers ont été déduits de la courbe de tarage relative à chaque cycle hydrologique, liant les niveaux journaliers de la lame d'eau écoulée et les débits instantanés jaugés. On se contentera à présent d'exprimer les résultats de l'analyse descriptive des débits classés (pour la compréhension du fonctionnement de l'exutoire) et celle de l'analyse des courbes de récession (pour la classification des systèmes).

III – Résultats

III – 1 – Identification du fonctionnement de l'exutoire

Les données des débits journaliers, de la série d'observation, sont traitées par le logiciel Hydrolab, qui permet de tracer la courbe de la distribution d'une population selon la loi de Gauss. Les graphiques obtenus s'accommodent à un ajustement Gausso-Arithmétique, synonyme d'une infiltration lente.

En se référant aux cinq cas de rupture de pente (les plus fréquents), de la droite représentative des débits classés, l'analyse descriptive des courbes de ces débits aux exutoires révèle que :

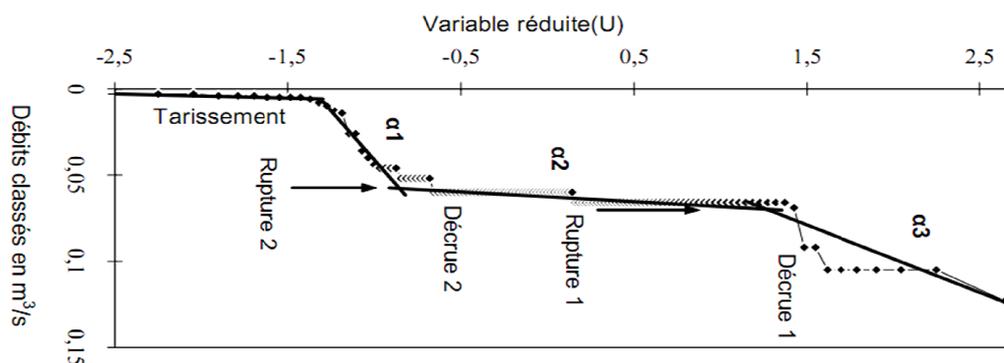


Fig. 1. Exemple de courbes de débits classés (la source de AïnZerga)

✓ Le système aquifère du Maestrichtien se caractérise par des décrues de vidange dont les courbes représentatives sont des droites à simples et à doubles ruptures, conformément respectivement aux expressions $[\alpha_2 > \alpha_1, \alpha_2 < \alpha_1]$ et $[\alpha_2 > \alpha_1, \alpha_3 < \alpha_1]$, (Tab. 1).

Tab. 1. Cas de rupture de pente de la droite représentative de débits classés. (La Source d'Aïn Zerga).

Nature de la pente	Expression	Modèle de rupture	Nombre de cycles	Interprétation hydrogéologique
À simple rupture	$\alpha_2 > \alpha_1$	Type 1	03	- Mise en fonctionnement de trop-plein, - Fuite vers un autre système, - Stockage momentané, - Fuite ou débordement de la station de Jaugeage en hautes eaux.
		Type 3	02	- Constitution des réserves.
	$\alpha_2 < \alpha_1$	Type 2	05	- Apport en provenance d'autre système, - Jaugeage d'écoulement n'appartenant pas au système.
		Type 4	05	- Apport d'une réserve issue d'un cycle antérieur.
À double rupture	$\alpha_2 > \alpha_1$ $\alpha_3 < \alpha_1$	Type 5	02	- Piégeage d'une réserve lors de la décrue et restitution au cours du tarissement.

✓ Le système aquifère de l'Éocène se distingue par une décrue dont le graphique est une droite à simple rupture appropriée à l'expression [$\alpha_2 < \alpha_1$] (Tab. 2), avec dominance du modèle de type 2.

Tab. 2. Cas de rupture de pente de la droite représentative de débits classés. (La Source d'Aïn Erkel).

Nature de la pente	Expression	Modèle de rupture	Nombre de cycles	Interprétation hydrogéologique
À simple rupture	$\alpha_2 < \alpha_1$	Type 2	15	- Apport en provenance d'autre système, - Jaugeage d'écoulement n'appartenant pas au système.
		Type 4	03	- Apport d'une réserve issue d'un cycle antérieur.
	$\alpha_2 > \alpha_1$	Type 3	02	- Constitution d'une réserve.

Selon les modèles de référence, une variabilité temporelle caractérise le fonctionnement de l'exutoire de l'aquifère Maestrichtien, où on assiste à une intermittence d'apports en provenance d'un autre système ou d'une réserve issue d'un cycle antérieur, mise en fonctionnement de trop-plein, stockage momentané ainsi qu'aux phénomènes de piégeage d'une réserve lors de la décrue et les processus de constitution de réserves. Sa complexité est donc plus perceptible par rapport à celui de l'Éocène.

III – 2 – Fonctionnement de la zone d'infiltration et celle noyée

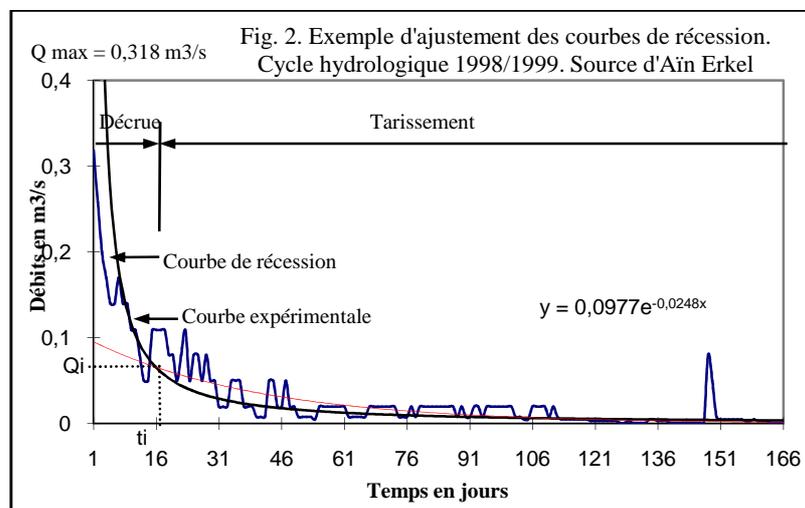
III – 2 – 1 – Principe de la méthode

L'aquifère est assimilé à un réservoir se vidangeant au travers d'un bouchon poreux. On ne s'intéresse qu'à la partie décroissante de l'hydrogramme de crue d'une source. Le modèle utilisé possède deux réservoirs ; l'un d'infiltration, se vidangeant avec un débit d'infiltration (q_i), l'autre de type exponentiel, correspondant à la zone noyée et se vidange avec un débit (Q). De ces courbes de récession, on peut distinguer, **La décrue**, durant laquelle l'infiltration (q_i) influence la vidange du réservoir, **Le tarissement**, qui débute à l'instant où le débit

d'infiltration (q_i) devient nul. La vidange du réservoir principal obéit alors uniquement à la loi de MAILLET. L'expression globale utilisée est de la forme : $Q(t) = \varphi(t) + \Psi(t) \dots (1)$, avec $\varphi(t) = Q_{(R_0)} \cdot e^{-\alpha t} \dots (2)$, décrivant la vidange de la zone noyée (MAILLET). $\Psi(t) = q_0 \cdot \frac{(1-\eta t)}{(1+\epsilon t)} \dots (3)$, décrit une fonction homographique se rapportant au fonctionnement de la zone d'infiltration. Avec (q_0) : débit d'infiltration à l'instant (t) marquant la pointe de crue ($q_0 = Q_{max} - Q_{R_0}$), (ϵ) : coefficient d'hétérogénéité d'écoulement ; décrivant la concavité de la courbe et variant entre deux fourchettes, la première de (10^{-3} à 10^{-2}), synonyme d'une infiltration lente, et la seconde de (1 à 10), traduisant une décrue très rapide ($\epsilon = Q_{R_0} - Q_i$), (Q_{R_0}) : débit à l'instant (t_0), (η) : coefficient de vitesse d'infiltration égale à ($1/t_i$) correspondant à l'instant où l'infiltration cesse, il est assimilé à la vitesse moyenne d'infiltration et varie entre (0 et 1), quand (η) tend vers 1 il traduit une infiltration rapide. Le coefficient de tarissement (α) permet de calculer le volume dynamique correspondant à la masse d'eau en mouvement au moment du tarissement, aussi bien au dessus qu'en dessous de l'exutoire (MANGIN 1970). Ce paramètre (V_{dyn}) est une estimation par défaut des réserves. Il est donné par l'expression : $V_{dyn} = \int Q_i \cdot e^{-\alpha t} = Q_i \cdot \frac{C}{\alpha} \dots \dots (4)$, (Q_i) : débit où le tarissement devient effectif, (t_i) : l'instant où l'infiltration cesse, (C) : constante, prise égale 86 400.

III – 2 – 2 – Fonctionnement des zones d'infiltration et celles noyées

Le traitement des données, suivant l'expression (1), a conduit à l'obtention des représentations graphiques dont les essais d'ajustement (Fig. 2), selon la fonction exponentielle, n'ont permis de retenir que dix huit (18) courbes de récession pour Aïn Erkel et onze (11) pour Aïn Zerga.



Le calcul des paramètres hydrogéologiques a donné des éléments caractéristiques du fonctionnement des zones d'infiltration et celles noyées des deux réservoirs (Tab. 3).

Tab.3. Paramètres statistiques de l'ajustement des courbes de récession des sources Aïn Erkel et Aïn Zerga

Paramètre	Source Aïn Zerga			Source Aïn Erkel		
	Min	Moy	Max	Min	Moy	Max
Coefficient de tarissement (α) (10^{-4})	09	275	760	33	109	263
Volume dynamique (Mm^3) (10^{-4})	560	3784	17 280	748	3 614	9 850
Coefficient d'hétérogénéité (ϵ) (10^{-4})	02	283	1 750	11	95	716
Coefficient de vitesse d'infiltration (η) (10^{-4})	290	854	1 430	357	568	1 100

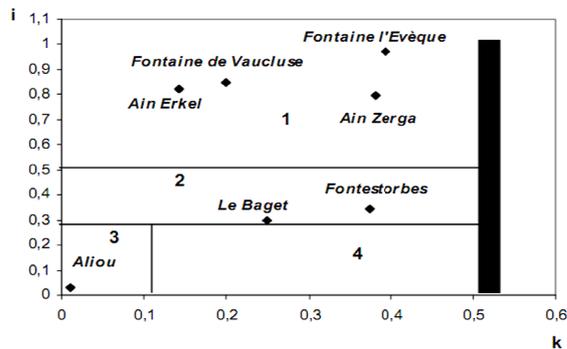
Les très faibles valeurs de (ϵ) repérées à Aïn Erkel ($\epsilon_{moy} = 95.10^{-4}$) sont synonymes d'infiltration lente au système éocène (épikarst). Pour le Maestrichtien (Holokarst), la vitesse d'infiltration est variable, et (ϵ) oscille entre deux fourchettes, l'une de très faible valeur $10^{-3} < \epsilon < 10^{-2}$, indiquant une infiltration lente, la seconde de valeur plus importante $10^{-2} < \epsilon < 1$, indice d'une infiltration moyennement lente.

D'autre part, les valeurs du coefficient de vitesse d'infiltration (η) tendent vers zéro, ce qui confirme la persistance de l'infiltration lente. Les variations interannuelles des valeurs du coefficient de tarissement (α), ainsi que celles du volume dynamique, s'expliquent par des régimes d'écoulement influencés (au sein des zones) et sont certainement dues aux augmentations des pertes de charge à l'amont de chaque exutoire. Les valeurs du volume dynamique varient de 56.10^{-3} à $1,728Mm^3$ et les paramètres d'ajustement sont dispersés ce qui peut constituer un indice de la présence de réserves importantes. Les zones noyées sont alors en régime influencé durant une longue période.

III – 2 – 2 – Classification des systèmes aquifères

Cette opération passe par le calcul de deux paramètres (i et k). Le premier (i) désignant les retards à l'infiltration, par application de l'expression : $i = \frac{(1-\eta t)}{(1+\epsilon t)}$, et le second (k) représentant l'aptitude de la zone noyée du karst à stocker les précipitations et les restituer progressivement dans le temps, selon le rapport entre le volume dynamique maximum obtenu sur la période d'étude et le volume de transit interannuel sur la même période ($k = \frac{V_{dyn\ max}}{\Sigma V_{dyn}}$). Le report des valeurs de (i et k) sur le diagramme de (MANGIN, 1970), a révélé que les deux systèmes aquifères carbonatés sont karstiques ($k < 0,5$) et complexes. Ils sont caractérisés par une géométrie de grande taille avec de nombreux sous-systèmes, malgré la nette diversité dans leurs comportements. Ils possèdent un fort pouvoir régulateur et des

retards à l'alimentation importants traduisant la présence de réserves. Ils sont alors analogues au modèle de la fontaine de Vaucluse (Fig. 3).



- 1 – Système complexe (généralement de grande taille avec de nombreux sous-systèmes.
- 2 – Système plus karstique à l'amont plus qu'à l'aval, avec des retards à l'alimentation dus soit à des terrains non karstiques, soit à des couvertures neigeuses.
- 3 – Système possédant des réseaux de drainage très développés avec une zone noyée plus importante (domaine des réseaux spéléologiques très développés).
- 4 – Système possédant des réseaux spéléologiques bien développés, débouchant en aval sur un important karst noyé.

Fig. 3. Classification des systèmes karstiques Maestrichtien et Éocène du synclinal du dyr.

Conclusion

L'application des méthodes de l'approche fonctionnelle aux systèmes karstiques du synclinal du Dyr montre que le comportement de l'exutoire du réservoir Maestrichtien est complexe, tandis que celui de l'Éocène est plus simple, ainsi qu'une persistance des apports d'alimentation en provenance d'autres systèmes annexes. Selon les valeurs des paramètres caractéristiques du milieu, on note une infiltration lente à moyennement lente au sein du système Maestrichtien. Un régime d'écoulement influencé dû aux augmentations des pertes de charge à l'amont de chaque source est perceptible. Les deux réservoirs sont analogues au modèle de la fontaine de Vaucluse.

Références bibliographiques

- CROCHET PH. 1996. Le Karst de Gervans (Drôme). Evaluation et mobilisation de ressources en eau. (Séminaire national 27,28 et 29 novembre 1996 Montpellier, France).
- CROCHET PH.&MARSAUD B. 1996. Approche conceptuelle de l'aquifère karstique. Problèmes, méthodologie et exploitation. . (Séminaire national 27,28 et 29 novembre 1996 Montpellier, France).
- MANGIN A. 1996. Structure et fonctionnement des aquifères karstiques les concepts et les approches (Séminaire national 27,28 et 29 novembre 1996 Montpellier, France).

Atelier 02:

Ressources en eau et Environnement

QUALITY OF WATER SOURCES AND RISKS TO HUMAN HEALTH FROM TRIHALOMETHANES IN DRINKING WATER

Iryna Klimkina, irina_kimkina@ukr.net

The State Educational Institution «National Mining University», Dnipropetrovsk, Ukraine

Key words: natural water, drinking water, trihalomethanes, risk, human health, l'eau naturelle, l'eau potable, les trihalométhanes, les risques, la santé humaine

The high level of anthropogenic impact on the natural water bodies and the use of outdated technologies for drinking water treatment do not allow the public supply of drinking water of a guaranteed quality. Using chlorination technology for drinking water processing, with ineffective coagulants and flocculants, and a lack of sorption filters, leads to contamination of drinking water by a significant number of inorganic and organic compounds. Their combined effect on human organisms, especially in conditions of radiation exposure, is a real threat to the health of the nation.

It is well known that in the case of bacterial contamination drinking tap water can cause the generation and distribution of enteric infections, principally viral hepatitis A and bacterial dysentery. Thus it can be a potential source of harmful chemicals that have a general toxic and carcinogenic effect (for example, organohalogen compounds, heavy metals, nitrosamines, polycyclic aromatic hydrocarbons).

The most common and widespread method of water purification is chlorination. Practical application of chlorination as a means for disinfection of tap water was begun at the beginning of the 20th century, although suggestions for using chlorine for these purposes were spoken of much earlier. In the United States, chlorination of drinking water has been implemented since 1905. Russia first began water chlorination in 1908 due to a cholera epidemic.

Until 1974 it was considered that water chlorination produces no harmful effects on humans. But further research showed that about 10% of the chlorine used results in the formation of chlorinated compounds. At present, the total number of determined chlorine-containing compounds is about 100, and their total concentration in water can be up to 800 mcg /l (US EPA 1996).

Such basic factors as a chlorine dose, content of organic substances (for example, humic and fulvic acids, acetylcontaining compounds, phenols, quinones and others), contact time, pH, level of bromine, have an influence on the composition and amount of generated halogen compounds (mainly in the form of chloroform and other trihalomethanes (THMs) and haloacetic acids), the presence of which was not taken into consideration in epidemiological studies.

THMs are chemical compounds in which three of the four hydrogen atoms of methane are replaced by halogen atoms. Many THMs are used in industry as solvents or refrigerants. They are also environmental pollutants with toxic and mutagenic activity.

Based on the data about maximal concentration of chlorine-containing compounds, which are defining both in the source water and drinking water, and level of their activity, different countries have developed a list of high-priority THMs, which usually includes chloroform, carbon tetrachloride, dichloro-brommethan, hlordybrommetan, trichloroethylene, tetrachloroethylene, bromoform, dichloromethane, 1,2-dichloroethane, 1,1-dihloretylen (WHO 2010).

The level of produced THMs has been associated through epidemiological studies with some adverse health effects; for example, it is established that disinfection by-products (DBPs) may cause adverse effects on the liver, and nervous and reproductive systems. Thus the use of chlorine for water treatment to reduce the risk of infectious disease may account for a substantial portion of the cancer risk associated with drinking water. Indeed, THMs are associated with increased risk of bladder and rectal cancer, possibly accounting for 5,000 new cases of bladder cancer and 8,000 new cases of rectal cancer per year in the U.S. According to a study done by the American Water Works Association, more than 230 million people (approximately 70% of America's population) receive disinfected drinking water containing hundreds of DBPs. Therefore, given the large number of people who consume chlorinated drinking water, the number of cases of cancer potentially attributable to this exposure is substantial.

Another study shows an association between exposure to THMs in drinking water and small for gestational age (SGA) births in two large metropolitan water supplies in New South Wales, Australia (Summerhayes *et. al.* 2011). That study indicates a positive relation between SGA births and mothers' exposure to total THMs during pregnancy, as well as exposure to some specific THMs species.

Also assessed was the effect of water chlorination by-products on stillbirths conducting a population-based case-control study of 3,289 cases of stillbirth and a random sample of 32,890 control subject from 396,049 Taiwanese newborns. The research proved an association between the risk of stillbirth and women exposure to disinfection by-products in Taiwanese drinking water (Hwang and Jaakkola 2011).

The accumulation of numerous toxicological and epidemiological data concerning carcinogenic effects of many chemical substances entering the human organisms through air, food, drink water, promoted scientists to develop and implement a methodology for assessing the health risks from the influence of those compounds. A 'high risk' is considered to as one additional case of cancer per 10,000 populations.

Numerous studies are trying to provide an assessment of the total carcinogenic risk from THMs in drinking water, developing mathematical models (such as multi-stage models based on data obtained from laboratory experiments on animals), and 'combined risk' derived from the relative risk from epidemiological data. To determine the relative risk from the combined influence of THMs, an additive risk hypothesis is taken into consideration, based on data about tumors initiation in animals, as well carcinogenic risk calculated for different combinations of THMs in the range from $2.7 \cdot 10^{-7}$ to $4.6 \cdot 10^{-6}$.

Currently there are no views to justify the abolition of water chlorination because of a possible carcinogenic effect from organochlorine compounds, in particular THMs, because the bacterial risk may be much higher than the threat of tumors. However, the problem of developing new alternative water treatment technologies, through which adverse effects of chlorinated compounds on human health may decrease or disappear, remains greatly important and relevant.

Considering the above-mentioned aspects, the aim of the presented study was to determine the carcinogenic risk to the health of population in cities of Dnipropetrovsk, Dniprodzerzhynsk, Krivoy Rog and Nikopol (Dnipropetrovsk region) from the consumption of chlorinated drinking water.

Determination the carcinogenic risk to human health was carried out using guidelines 'Assessment of carcinogenic risk to public health from the consumption of chlorinated drinking water', approved by the Ministry of Health of Ukraine (Order № 545 from 21.10.2005). Calculations were carried out on sanitary data about the epidemiological prevalence rates of chloroform in drinking water on the territories of Dnepropetrovsk region.

It was established that carcinogenic risk to public health from the consumption of chlorinated drinking water with a certain amount of chloroform is $1.6 \cdot 10^{-4}$ for Dnipropetrovsk, $1.4 \cdot 10^{-4}$ for Dniprodzerzhynsk, $8.9 \cdot 10^{-5}$ for Krivoy Rig and $1.6 \cdot 10^{-4}$ – for Nikopol.

The obtained data show an 'intermediate' level of carcinogenic risk for the population of cities Dnipropetrovsk, Dniprodzerzhynsk and Nikopol, and a 'low' level for a population of Krivoy Rig.

To reduce the carcinogenic risk for human health it is necessary to develop effective and comprehensive measures and to make the optimal administrative decisions for improving sanitary and hygienic conditions in surface water bodies that area sources of drinking water. In addition, the effect from chlorinated drinking water (with excessive chloroform content) on cancer diseases of population requires urgent implementation in traditional technology of river water supply, as well as preventive measures directed at the replacement of chlorine gas on chloroagents with less activity according to the formation of THMs (chloro-ammoniac water, chlorine dioxide etc.), and also the implementation of purification systems of drinking water directly at consumers using both household and collective water treatment systems.

CONTRIBUTION DES TECHNOLOGIES SIG POUR L'AIDE A LA DECISION DANS L'IMPLANTATION DES PROJETS HYDRO-ENVIRONNEMENTAUX

Hadji Riheb¹, Hamed Younes²

⁽¹⁾ *Département des Sciences de la Terre, Institut d'Architecture et des Sciences de la Terre, Université de Sétif
1.Laboratoire LESRMHAO Université de Tébessa, Algerie. hadjirihab@yahoo.fr*

⁽²⁾ *Département des Sc. de la Terre, Fac. Sciences, Université de Gabès. Laboratoire L3E, Univ. SfaxTunisie.*

Résumé :

Les problématiques de gestion de l'espace et de l'environnement deviennent de plus en plus complexes et pluridisciplinaires, la nécessité de l'utilisation des systèmes d'informations géographiques est majeure.

L'objectif de ce projet est de trouver un site approprié pour l'implantation d'une nouvelle station de traitement des eaux usées pour la ville de Sétif. Pour identifier les parcelles les mieux adaptées, plusieurs contraintes et critères spécifiques doivent être pris en considération : comme son implantation dans des terrains ayant des altitudes nettement inférieures de celle de la ville pour minimiser les coûts de pompage ;

Son implantation à l'extérieur des plaines inondables pour éviter des déversements lors des crues ; Son implantation près d'un oued pour éviter la construction d'une conduite acheminant les eaux traitées qui y sont déversées ; Son implantation le plus loins possible des lieux d'habitation, des parcs et des surfaces d'eau afin de minimiser les nuisances de la station sur les habitants et les ressources en eau. Son implantation près d'une route existante ; Son implantation sur une parcelle ayant au moins 0.2 km² de superficie.

Une géodatabase comportant diverses classes d'entités a été créée sous ArcCatalog. Cette base de données comporte des cartes topographiques, un modèle numérique de terrain, des séquences satellitaires, etc. d'où diverses couches d'information ont été soit digitalisées par visuo-interprétation tel que le réseau routier et le réseau hydrographique et l'occupation de sol, etc. soit dérivées par analyse spatiale comme les cartes de pentes, d'hypsométrie et d'exposition. Des requêtes spatiales en utilisant les outils avancés du logiciel ont été appliquées pour parvenir à choisir les parcelles qui répondent le mieux à ces exigences. Le résultat classe par ordre de priorité les terrains les plus adaptés pour ce type d'installation. Une carte d'aptitude, des diagrammes et des tables attributaires constituent les outputs de l'étude.

Mots clés : requêtes spatiales, station d'épuration, réseau hydrographique.

Introduction

Le Bousselam moyen (07) subit une pollution très sévère qui peut engendrer des conséquences graves sur la santé, l'hygiène publique et l'environnement dans son bassin versant. Cette pollution est causée par les des rejets, susceptibles de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractères physiques, chimiques ou bactériologiques. Ce cours d'eau reçoit les effluents urbains et industriels, des stations de lavage et graissage, les pesticides ainsi que les débris de toutes sortes. Ces derniers encombrant son lit et ses berges créant ainsi des barrages où sédimentent les matières solides. Ce milieu favorise la prolifération d'insectes vecteurs de maladies. Le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m³. Il doublera d'ici six ans (2020). Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le nombre d'installations de traitement en Algérie n'a cessé de se développer. Il y avait seulement 28 STEP en 1999 avec une capacité de traitement de 98 millions de m³/ans. Il sont passé à 102 unités d'une capacité totale de 570 millions de m³/an. Après l'achèvement du programme en cours de réalisation ; ils atteindront 176 stations (87 STEP+ 89 lagunes) d'une capacité installée de 925 millions de m³/an. Ce volume constitue l'équivalent de 10 barrages de moyenne capacité. La station de traitement d'eaux usées de Bougaâ-Hammam Guergour prend en charge les eaux usées de quelque 70.000 habitants des localités de Hammam Guergour, Bougaâ, Ain Larous, Lagragria, Mouga et Bouferroudj. Elle se caractérise par une capacité installée de 9700 m³/J et d'une capacité moyenne traitée de 3000 m³/J ainsi que l'irrigation prévue de plus de 100 hectares de terres agricoles. Le problème majeur dont souffrent les cours d'eau dans la région de Bougaâ est leur pollution en outrance par les eaux usées de la population de la ville, les rejets industriels et les pesticides. Le taux de raccordement aux réseaux de l'ONA atteint les 70%. Le reste des eaux usées rejoignent directement les rigoles et les dépressions, ce qui favorise la stagnation et l'instauration d'un état endémique pour les parasitoses et les maladies infectieuses à transmission hydrique. A l'horizon 2020, la population de la daïra de Bougaâ évoluera imposant le dédoublement de la capacité actuelle d'épuration. D'où est venue l'idée de proposé une étude faisabilité d'implantation d'une deuxième station d'épuration pour évoluer avec cet accroissement démographique.

1. La zone d'étude

La commune de Bougaâ se situe à 53 km au Nord-ouest de son chef-lieu de wilaya (Sétif). D'une superficie de 70 km² elle est imitée au Nord par la commune de Maoklane, au Sud par

la commune de Beni Ouessine, à l'Est par Aïn Roua et à l'Ouest par Hammam Guergour. Les habitants sont concentrés dans la ville atteignant 30 987 hab. (en 2008) avec une densité de 443 hab. /km². Le climat de la région est continental, avec un été chaud prolongé et un hiver froid. La température moyenne annuelle varie entre 10 et 15°C, descend à moins de 2°C en hiver et atteint 35°C en été. Quant aux précipitations, elles varient de 400 à 600 mm, ce qui permet une reconstitution lente du domaine forestier très dégradé. L'agriculture se divise entre la monoculture mécanisée des céréales au Sud et la polyculture traditionnelle au nord. Son relief spécifiquement montagneux, creusé par les Oueds Kef El Anser, El Guettar et Sidi Ali, qui collectent toutes les eaux des ravines avoisinantes pour les acheminer vers l'oued Boussemam. L'hypsométrie de la région fait apparaître des altitudes comprises entre 605 et 1528 m, ce qui constitue un contraste assez important.

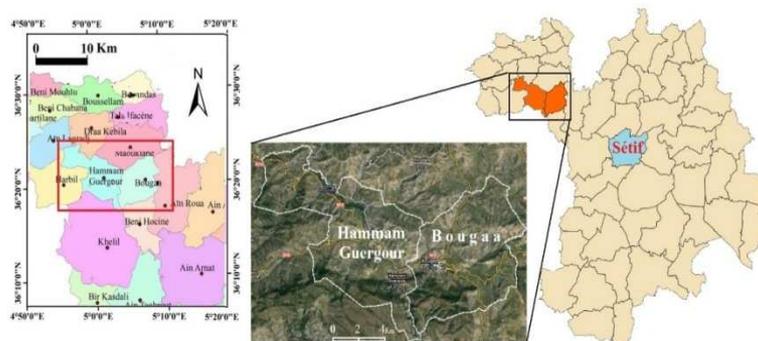


Figure 1 : Localisation géographique des communes de Bougaâ et Hammam Guergour.

2. Conditions générales pour l'installation de station d'épuration

La faisabilité de l'implantation d'une station passe par un ensemble de dispositions qui sont pris en considération dès l'élaboration du projet : A cet égard quelques règles doivent être rappelées :

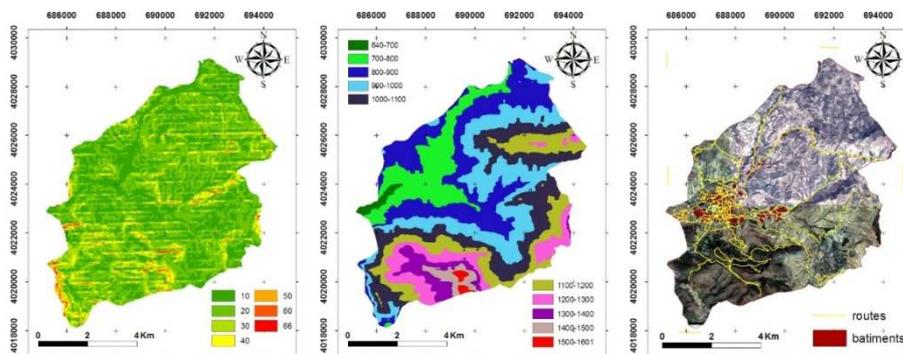
- Éviter de construire à proximité d'habitations, de zones d'activités diverses (Sportives, touristiques, industrielles, etc.). Dans la pratique, et pour éviter tout contentieux avec le voisinage, on réserve une distance minimale de 200 m en tenant compte de la dominance des vents ;
- S'éloigner le plus possible des zones de captage même si le périmètre de protection est respecté ;
- Éviter les zones inondables entraînant parfois des dysfonctionnements pendant de longues périodes ; sinon veiller à mettre les équipements électriques hors d'eau ;
- Prendre des précautions particulières lorsqu'un aquifère se situe à faible profondeur ;

- Réaliser des études géotechniques (vérification de l'imperméabilité pour un lagunage). La portance du sol (tenue des ouvrages et des canalisations de liaison) et la qualité de sol ;
- Ne pas implanter les ouvrages dans les zones plantées d'arbres à feuilles caduques ;
- Penser aux extensions ou aux aménagements futurs (disponibilité et réservations de terrains) ;
- Construire à proximité d'une route et d'un oued et sur une occupation de sol favorable ;
- Construire sur un terrain peu ou pas incliné (plat) et plus bas que la ville pour permettre l'écoulement des eaux usées par gravité.

3. Jeux de données

Les variables prédictifs régissant le choix du site d'implantation de la station d'épuration sont :

- Les pentes de la zone d'étude se répartissent des terrains plats à des terrains en pentes à 65° (Fig. 2). L'emplacement de la station doit se faire préférentiellement sur des terrains plats à subhorizontaux.
- Les altitudes de la zone d'étude se divisent en 10 classes (de 645 à 1600 m). La majorité de la ville se situe sur la tranche d'altitude [700, 800m] d'où l'emplacement de la station doit être \leq à cette altitude (Fig. 3).
- Les thèmes réseau routier et tissu urbain ont été digitalisés à partir de photos Sat. (Google Earth 2013), (Fig. 4). Les différentes routes de la zone d'étude font 107,074 Km et le tissu urbain fait 109,055 ha.
- Les oueds rident levisagedela zone d'étudeencréantunechevelure hydrographique dense. Les principaux cours d'eau à écoulement intermittent sont O.Kef elAnser, O. Guettar et O. SidiAli (Fig.5).



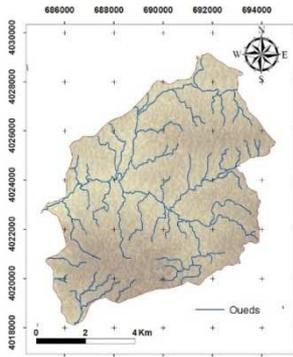


Figure 2 : carte des pentes. Figure 3 : carte d'élévations. Figure 4 : réseau routier et tissu urbain. Figure 5 : Réseau hydrographique de la zone d'étude.

4. Méthodologie

La méthode de l'étude suit l'enchaînement suivant : Problématique → Objectifs → Hypothèse → Traitement.

Problématique : Suite à une augmentation de la population de la ville de Bougaâ, les autorités publiques ont lancé une étude portant sur l'identification du meilleur site pour construire une nouvelle station d'épuration à l'intérieur du périmètre administratif de la commune.

Objectif : En tenant compte de l'interaction entre les différentes unités géographiques ; l'objectif de l'étude est de choisir le site le plus convenable pour l'implantation d'une nouvelle station d'épuration.

Hypothèse : Pour qu'un site soit jugé adéquat pour l'implantation d'une nouvelle station d'épuration.

Il faut qu'il remplisse les conditions suivantes. Dans le langage SIG, ces conditions sont appelées «contraintes»

- Un site moins élevé que la ville, pour permettre l'écoulement des eaux usées par gravité.
- Une pente minimale pour permettre la construction (Génie Civil) de l'ouvrage.
- Un emplacement à proximité d'un affluent principal du réseau hydrographique pour permettre d'éventuels déversements des eaux traités.
- Un emplacement à proximité des d'une route pour permettre un accès et le service de la station ;
- Un emplacement suffisamment éloignée des habitations existantes, pour éviter les nuisances d'odeurs.
- Un emplacement sur une occupation de sol favorable, de point de vue foncier.

6. Traitement de données

Le traitement de données (Data processing) suit les étapes suivantes :

-Pour dégager la carte d'élévations de l'MNT on utilise Spatial analysis→Reclassify.

-Pour dégager la carte des pentes de l'MNT on utilise Spatial analysis→surface analysis→Slope

-Pour la contrainte satisfaisant que la station programmée est suffisamment proche des routes et du réseau hydrographique, deux Grids Raster représentant la distance des routes et oueds sont créé.

Routes.shp→spatial analysis→Distance Grid/"Euclidean" (distance).

Réseau hydrographique.shp→spatial analysis→Distance Grid/"Euclidean" (distance).

-Pour la contrainte d'un site suffisamment éloignée des habitations existantes un Grid Raster représentant la distance des habitations existantes est créé.

agglomérations.shp→spatial analysis→ Distance Grid / Arctoolbox→ "Euclidean" (distance).

-Pour l'occupation de sol on a utilisé le traitement d'images pour avoir les différentes unités géographiques. De cette façon on a eu: -Slope.Grid ; -Elevations.Grid ; -Distance from Roads network.Grid ; -Distance from hydrographic network.Grid ; -Distance from buildings.Grid ; - Landuse.Grid.

La deuxième étape consiste à normaliser les couches d'informations, en les déclassifiant avec une échelle allant de 1 à 10 en partant du principe :

Une valeur proche de 1 est la moins favorable ; -Une valeur proche de 10 est la plus favorable.

Pour les contraintes à corrélation inverse comme être suffisamment proche des routes existantes ; on inverse les valeurs : Elévation, pente, Distances des routes et oueds→ Reclassify →Reverse values ;

Pour les contraintes à corrélation normale comme la carte des distances maximales des habitations existantes ; on n'inverse pas les valeurs (distance des habitations→Reclassify ;

Pour l'occupation de sol (Land use) on affecte les pondérations suivantes :

Tableau 2 : pondérations affectées pour les sous classes de l'occupation de sol.

Type	Agriculture	Barren land	Buch	Forest	Water	Wet land
Code	4	10	4	2	0	0

Puis on reclasse la carte d'occupation des sols en 10 classes avec la commande Reclassify.

Une fois les six couches d'information normalisées (en 10 classes chacune), (Figs. 6, 7, 8, 9). Elles doivent être combinées tout en attribuant les codes de pondérations suivants :

Tableau 3 : Les codes de pondération affectés aux couches d'information retenues.

Poids %	Couche d'information	type
10	Reclass distance from roads	Grid
10	Reclass distance from Oueds	Grid
05	Reclass land use	Grid
15	Reclass distance from buildings	Grid
10	Reclass slope	Grid
50	Reclass elevation	Grid

La modélisation utilise la superposition pondérée /Arctoolbox→Overlay→Weighed overlay (1-10).

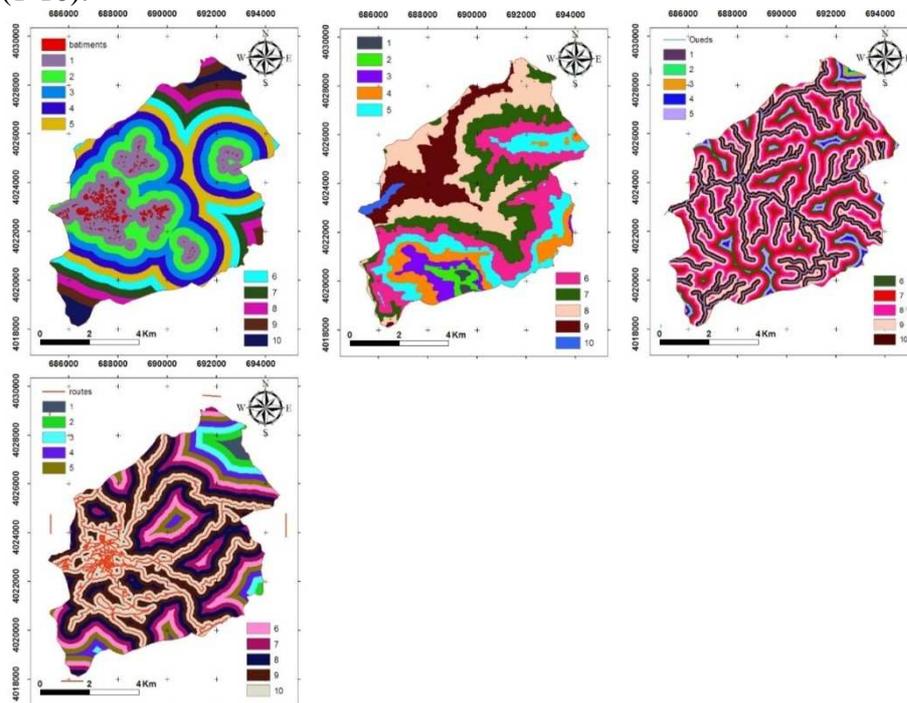


Figure 6 : Codage des distances des habitations. Figure 7 : Codage de l'hypsométrie. Figure 8 : codage des distances des oueds de la zone d'étude. Figure 9 : Codage des distances des routes.

1. Résultats et discussions

Les résultats de la modélisation représentant les terrains les plus favorables à l'implantation d'une nouvelle station d'épuration sur les territoires de la commune de Bougaâ sont exposés sur la (Fig. 10), ils sont hiérarchisé de 1 à 10 (10 : les plus favorables, et 1 : les moins favorables). L'exclusion des terrains ayant des altitudes supérieures à celles de la ville permet d'affiner les résultats sur la tranche d'altitude $\leq 800m$, délimitant un périmètre moins large (Fig.11). Ces résultats sont également classés de 1 à 10. La représentation des zones les plus favorables (classes ≥ 7) améliore sensiblement les résultats (Fig.12). La reproduction des résultats des terrains moins élevés que la ville ($\geq 50m$) améliore de plus en plus les résultats

(fig. 13). La dernière contrainte consiste à choisir un terrain ayant une superficie ≥ 1.8 ha. D'où on remarque que les classes 5, 6, 7, 8 présentent une assiette assez large pour recevoir ce projet.

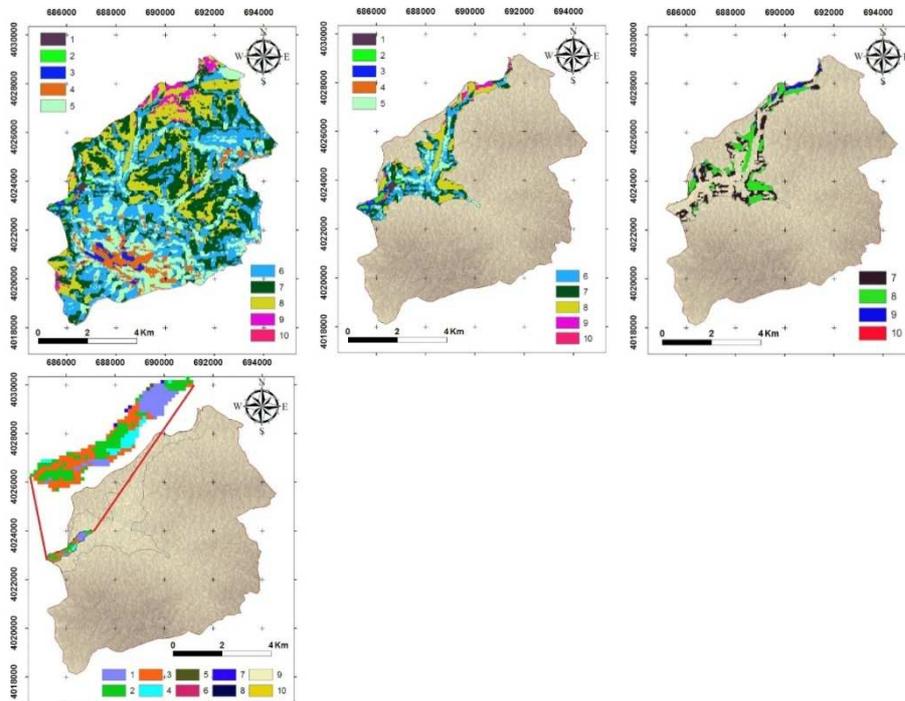


Figure 10 : résultat de la modélisation de 1 à 10. Figure 11 : terrains \leq l'altitude de la ville. Figure 12 : Les meilleurs résultats de la modélisation. Figure 13 : les terrains les moins élevés que la ville.

2. Conclusion et recommandations

La récupération et la réutilisation de l'eau usée est une alternative réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus et la plus réaliste. En tenant compte de la capacité de la station d'épuration existante de Bougaâ, on constate qu'elle ne va plus suffire aux besoins incessants d'épuration d'ici quelques années. C'est pourquoi la programmation d'une deuxième station pour la soutenir est une mesure à sérieusement prendre en compte. L'utilisation des systèmes d'information géographiques (SIG) et de la télédétection spatiale a confirmé la faisabilité de l'implantation de ce projet hydro

environnemental sur les territoires de la commune de Bougaâ. L'édification d'une deuxième station est faisable de point de vue technique, elle est régit essentiellement par le facteur hypsométrie qui est une variable décisive dans l'implantation de tels projets.

PREPARATION DES MEMBRANES CERAMIQUES POUR MICRO ET ULTRAFILTRATION : L'INFLUENCE DE L'AJOUT D'AGENT POROGENE ET DU TRAITEMENT THERMIQUE

CHERAITIA Abdallah

Laboratoire d'Analyse Industrielle et de Génie des Matériaux, Département de Génie des Procédés Université 8

Mai 1945- GUELMA, BP 401 Guelma, Algérie

Email : cheraitiaabdellah@yahoo.fr

I- Introduction

Avec des membranes de plus en plus performantes et plus efficaces, les processus membranaires ont acquis ces dernières années un rôle très avancé, parmi les techniques de séparation dans les différents domaines industriels et le traitement des eaux usées.

A noter que dans ce domaine, un nombre très important de publications et de brevets sont déposés chaque année [1]; traitant la préparation, la caractérisation et l'application des couches minces et des membranes céramiques [2], ce qui représente un challenge économique et écologique très important.

Les caractéristiques des matériaux céramiques (résistance mécanique et thermique, inertie chimique, biologique, catalytiques et aux irradiations) permettent d'élargir l'utilisation des membranes à des domaines jusqu'alors inexplorés ou d'améliorer les procédés existants.

En vue d'élargir la gamme de porosité, l'ajout d'agents porogènes est très fréquent lors de l'élaboration de nouveaux matériaux, parmi les agents porogènes les plus utilisés on trouve : les éléments tensioactifs, le charbon, l'amidon [3] et l'urée [4]. Ces composés se dégradent avec l'augmentation de la température pour générer la porosité.

L'augmentation de la température maximale du traitement thermique conduit généralement à une densification du matériau céramique obtenu avec une diminution de la taille moyenne des pores.

II- Procédure expérimentale

II-1- Synthèse des membranes :

Les membranes étudiées sont préparées sous forme tubulaires et planes, par coulage sur des moules en plâtre de la barbotine préparée à partir d'argile Tamazert, Kaolin (DD3), feldspath, quartz et les déffloculants (carbonate de sodium et le silicate de sodium). La poudre de l'agent porogène (amidon) est ajoutée à la barbotine, sous agitation vigoureuse durant 1 heure pour obtenir un mélange homogène. Le séchage se fait initialement à l'air et à température ambiante pendant plusieurs heures, puis dans une étuve à 40°C pendant 24h. Enfin, le

traitement thermique se fait jusqu'à une température maximale entre 800 à 1200°C pendant 6h (Figure 1).

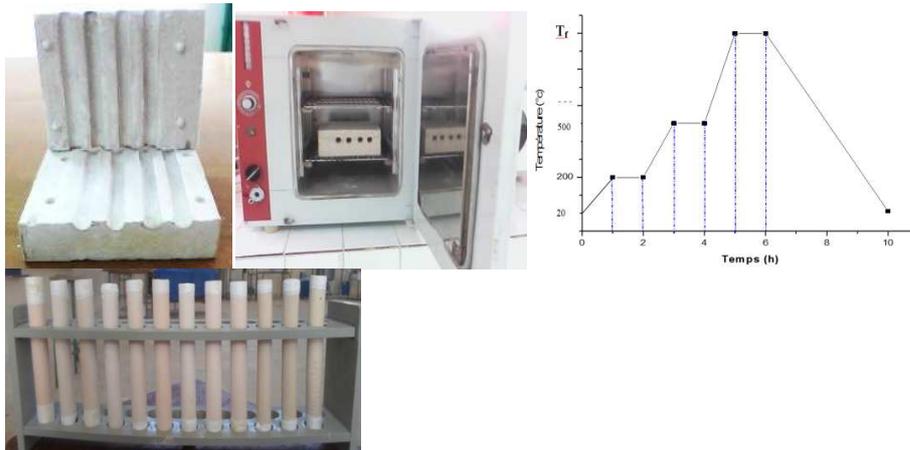


Figure1 : Préparation des membranes tubulaires : séchage et traitement thermique

II-2- Caractérisation des membranes

La caractérisation structurale de la poudre sans agent porogène à été effectués par microscopie électronique à balayage (MEB) avec un microscope de type « Hitachi S4800 ». La porosité totale de la poudre de l'échantillon sans agent porogène, la taille moyenne des pores et la distribution de taille des pores ont été déterminées par porosimétrie au mercure avec un prosimètre de type « AutoPore IV 9500 Micromeritics ». La porosité apparente des échantillons préparés en utilisant l'amidon comme agent porogène est déterminée par la méthode classique.

II-3- Essais de filtration :

Des essais de filtrations des eaux usées sont effectués en utilisant les supports tubulaires préparés à l'aide du montage de la figure 2 avec des pressions (ΔP) transmembranaires entre 0 et 5 bars.

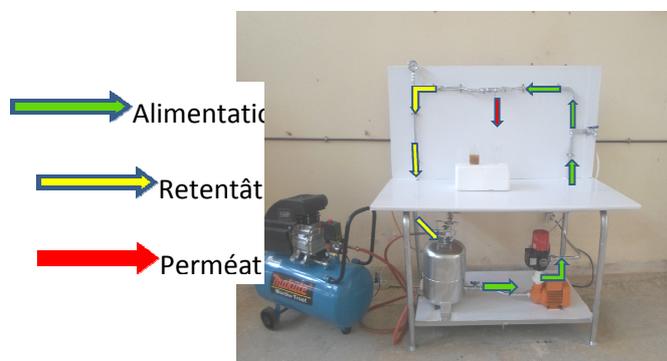


Figure 2 : Montage de filtration

II-4- Analyse de l'eau filtrée :

Afin de comparer l'eau obtenue par filtration avec l'eau usée utilisée, en plus de l'aspect plusieurs testes tels que la conductivité, salinité, pH et DCO sont effectués sur l'eau usée et l'eau traitée.

III. Résultats et discussion

III-1- Préparation des membranes : La composition en oxyde de la barbotine préparée est calculée à partir de la composition des matières premières (Tableau1).

Tableau 1 : La composition de la barbotine préparée

Oxyde	PF	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ti ₂ O	ZrO ₂
composition %	5,01	68,48	18,74	0,91	0,32	0,78	3,02	0,23	0,28	1,93

L'analyse par microscopie électronique et porosimétrie à mercure de la poudre de la céramique sans agent porogène, traitée à 1000°C, montre une porosité totale de 45% , un diamètre moyen en taille des pores de 1,45µm avec une densité (1,4535 g/ml) à 0,52 psia, ceci est convenable pour l'utilisation pour la microfiltration, afin de séparer les grosses molécules, les particules, les bactéries, les pigments et les émulsions d'huiles.

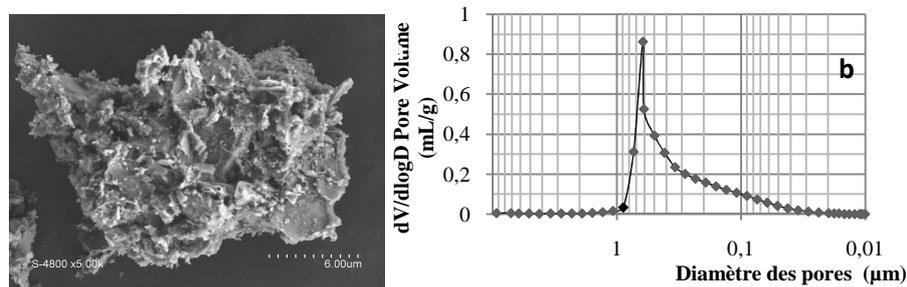


Figure 3 : Photo MEB de la poudre de l'échantillon sans agent porogène (a) et la variation de volume de pore en fonction du diamètre des pores (b).

Le graphe de la figure 3b montre une distribution monomodale en taille de pores du matériau étudié. La porosité des échantillons augmente faiblement (37- 44%) avec l'augmentation de la température de traitement thermique jusqu'à 1000°C, puis on a une diminution jusqu'à

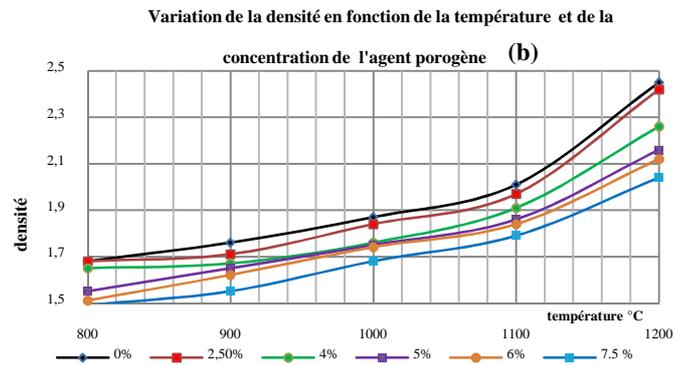
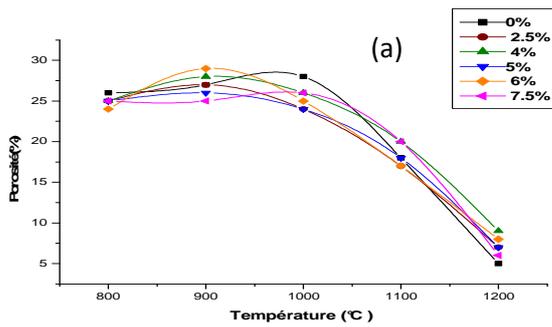


Figure 4 : Variation de la porosité et de la densité en fonction de la température (a) et de la concentration de l'agent porogène (b)

températures 1100-1200°C à cause du processus de fusion et de cristallisation (changement de la nature des matériaux). L'augmentation de la concentration de l'agent porogène (de 0 à 7,5 % w) se traduit généralement par une augmentation de la porosité (Figure 4). On obtient des produits plus denses avec l'augmentation de la température maximale du traitement thermique et avec la diminution de la concentration de l'agent porogène.

III-2- Essais de filtration :

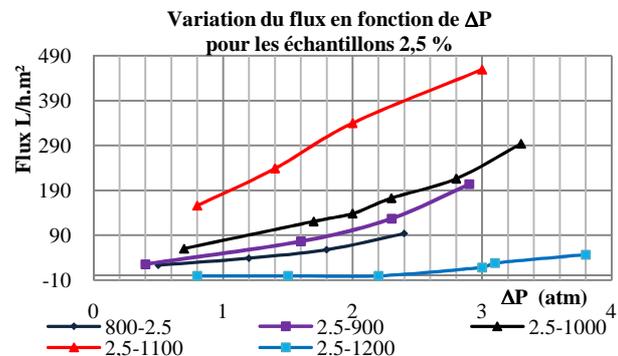
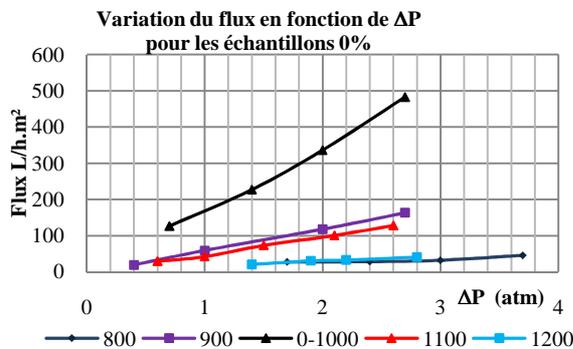


Figure 5 : Variation du flux en fonction de ΔP pour les échantillons 0 et 2,5% traité à 800 - 1200°C.

L'augmentation de la concentration de l'agent porogène conduit à une augmentation du flux du perméat en fonction de la pression transmembranaire qui est conforme avec les résultats de porosité et de densité cités précédemment, tandis que l'augmentation de la température du traitement thermique engendre une augmentation du flux de perméation des échantillons traités entre 800 et 1100°C, les échantillons traités à 1200°C présente un aspect dur- céramique avec un grand retrait, une grande densité, une faible porosité et un flux de perméation très faible ce qui nécessite un ΔP plus grand pour avoir un flux. De ce fait on peut supposer que les caractéristiques des échantillons traités à 1200°C peuvent être utilisées pour l'ultrafiltration

III-3- Caractéristiques de l'eau filtrée :

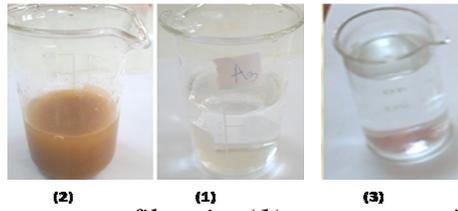


Figure 6 :Aspect de l'eau obtenue par filtration(1) par rapport à l'eau usée(2) et l'eau de robinet(3).

L'aspect physique de l'eau obtenu après filtration avec la membrane est très claire avec des propriétés très proche de l'eau de robinet; avec l'augmentation de la concentration de l'agent porogène l'eau perd un peut de sa transparence mais reste toujours plus claire que l'eau non traitée.

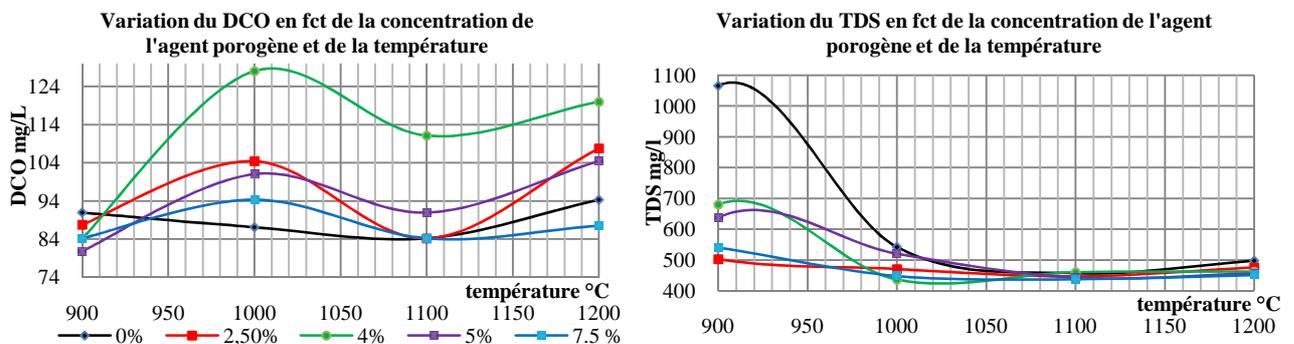


Figure 7 : Variation du DCO et TDS en fonction de la concentration de l'agent porogène et de la température

Le pH de toutes les eaux est presque neutre (6,7 – 7,4), il diminue avec l'augmentation de la température, la diminution de conductivité et du taux de sels dissous (TDS) en fonction de la température de traitement thermique peut être expliqué par le fait que la porosité diminue à des hautes températures ce qui empêche les espèces ioniques à passer à travers la membrane.

La demande chimique en oxygène (DCO) présente des valeurs maximales pour les échantillons traités à 1000°C, les échantillons traités à 1100 présentent un DCO inférieur ce qui peut dire qui est très possible que la taille des pores dans ce cas est inférieur, donc elle ne laisse pas passé les grosses molécules organiques (la cause de l'augmentation de la DCO).

IV-Conclusion :

Dans ce travail, des supports de membranes céramiques par coulage la barbotine sur des moules en plâtre avec des propriétés adaptés pour la microfiltration et ultrafiltration, ont été préparés à partir de produit locaux, très abondants et à coût réduit.

L'augmentation de la concentration de l'agent porogène (de 0 à 7,5 % massique) se traduit généralement par une augmentation de la porosité et une diminution de la densité alors que l'augmentation de la température maximale du traitement thermique (entre 800 et 1200°C) donne des produits plus denses et moins poreux.

Le pouvoir de filtration des membranes est confirmé par la mesure de la conductivité et la salinité de l'eau obtenue après filtration par l'échantillon sans agent porogène qui est très proche de l'eau de robinet ; L'aspect de l'eau obtenu après filtration avec la membrane est très clair avec des propriétés très proches de l'eau de robinet.

Références

- [1] H. Schneider, J. Schreuer, B. Hildmann, *Journal of the European Ceramic Society* 28(2008) 329–344
- [2] H.H. Murray, «Traditional and new applications for kaolin, smectite, and polygorskite: a general overview», *Appl. Clay Sci.* 17 (2000) 207–221.
- [3] O. Lyckfeld, J. M. F. Ferreira, «Processing of porous ceramics by starch consolidation», *J. Eur. Ceram. Soc.*, 18, (1998) p. 131-140.
- [4] A. Cheraitia, A. Ayral, A. Julbe, V. Rouessac and H. Satha , « Synthesis and characterization of microporous silica–alumina membranes », *J of Porous Materials*, Volume 17, Number 3(2010), 259-263,
- [5] R.Audinos, *Technique de l'ingénieur* K360

CONSEQUENCES DE LA POLLUTION DES EAUX SOUTERRAINES PAR LES BOUES DE PHOSPHATE DANS LA REGION DE BERKA (BASSIN MINIER DE GAFSA-SW TUNISIEN)

Amina Ben Sâad Hamed^{1,2}, Younes Hamed^{1,4}, Jihad Gazbar⁵, Rania Chibani⁵, Samira Othmani⁵, Imed Gargouri^{1,3}

¹*Sfax University, Water, Energy and Environment Laboratory, National School of Engineers, Sfax, Tunisia. Street of Soukra Km 3.5, BP.W: 3038 Sfax-Tunisia.*

²*Regional Blood Transfusion Centre of Gafsa. E-mail address:aminabensaad@yahoo.fr*

³*Sfax University, Department of Occupational Medicine and Professional Pathology, Medical School, Sfax, Tunisia. E-mail address: Imed.Gargouri@fmsf.rnu.tn*

⁴*Gabes University.Faculty of Sciences.Department of Earth Sciences.City Campus Erriadh - Zirig 6072 Gabes-Tunisia. E-mail address: hamed_younes@yahoo.fr*

⁵*public Health Tunisia.*

RÉSUMÉ.Le milieu naturel avec ses différentes composantes, subit une forte pression anthropique résultant surtout de l'urbanisation accélérée, des activités industrielles etc. Les gisements de phosphate du bassin minier de Gafsa (SW Tunisien) sont les plus importants gisements de la Tunisie. L'exploitation de ces gisements respectivement par la Compagnie de Phosphate de Gafsa (CPG) et du Groupe Chimique Tunisien (GCT), devenu l'International Fertiliser Group constitue l'essentiel des activités minières de la zone côtière (Golfe de Gabès) qui sont à l'origine des bouleversements écologiques de la zone d'étude avec l'apparition de grands problèmes environnementaux. Il s'agit essentiellement de la pollution de l'air, des sols, du réseau hydrographique et des stocks hydriques souterrains de la région (la nappe du Complexe Terminale) d'une part et de la destruction des écosystèmes terrestres d'autre part ainsi que la prolifération des plusieurs maladies. Dans le cadre de l'évaluation des risques, nous avons examiné l'impact sur la santé de consommer l'eau polluée avec du fluorure chez une population exposée dans la région de Berka dans le bassin minier de Gafsa. Les activités de l'industrie extractive génèrent des ressources financières importantes au pays, mais se trouvent aussi être l'une des premières causes de dégradation et de perturbation des milieux écologiques dans la zone d'étude

MOTS-CLÉS : Berka bassin, eaux souterraines, développement industriel, pollution hydrique, fluorure, évaluation des risques sanitaire.

1. Introduction:

Ces dernières décennies, la santé environnementale et les interrogations qu'elle soulève ont suscité de plus en plus des préoccupations de la part de la société civile, des pouvoirs publics, des décideurs et des lanceurs d'alertes [1]. Hamed dans ces travaux en hydrogéologie [2] a

mis en évidence des taux de fluor qui dépassent les normes de potabilité de l'eau [3,4] au niveau de la région de Berka du bassin minier de Gafsa. L'absorption fréquente du fluor peut causer de l'ostéoporose et des caries. Le fluore peut endommager les reins, les os, les nerfs et les muscles [9]. A cet effet, nous avons envisagé dans cette étude d'évaluer les risques sanitaires de la consommation d'eau polluée au fluor dans la zone de « Berka ».

Après présentation du lieu et de la population d'étude, nous exposons la méthodologie adoptée qui est l'une des méthodes de « ranking » permettant de classer les risques selon leur degré de gravité « la méthode de Kinney » [7] et pour ceux nous avons : (1) dressé un questionnaire à travers lequel nous avons collecté les données nécessaires à notre étude ; (2) Hiérarchisé les risques potentiels sur la santé liés à une exposition au fluor ; (3) puis nous avons évalué les risques sanitaires liés à l'exposition au fluor présent dans l'eau de boisson.

2. Matériel et méthodes :

La zone d'étude est située au sud ouest tunisien, appartenant au bassin minier de Gafsa sud (bassin de Moularés-Rédayef) de superficie environ 300 Km² (figure 1). Devant une demande croissante en eau, causée par l'installation du complexe industriel de la compagnie de phosphates de Gafsa (CPG), la croissance rapide de la population et le développement de l'agriculture (plusieurs périmètres irrigués), le recours aux eaux souterraines devient très important. Une partie de ce bassin (80 Km² environ : zone de Berka) est contaminée par les rejets des laveries de la ville minière de Moularés et aussi de la 2^{ème} ville minière de Rédayef ainsi que les rejets de l'ONAS [2]. Le bassin minier renferme un système aquifère multi-couche dont les principaux niveaux à potentialités hydrique (principaux réservoirs d'eau) sont représentés par les formations : (1) calcaire fracturé (carbonate) localisé dans les zones de recharge (zones limitrophes), (2) sable friable localisée dans les zones de décharge (exutoire). L'hydrogéologie de ce système est largement influencée par les rejets des laveries. Dans la région de Berka [2], l'eau souterraine est exploitée par des puits de surface de profondeur inférieur à 6 m. Sachant que la nature lithologique du terrain est essentiellement sableuse (porosité importante qui dépasse 35 %) [5] ce qui a favorisé l'infiltration des ces rejets vers la nappe. De plus la région est géographiquement localisée dans une région sismiquement active [6]. Les gens de la région exploitent l'eau souterraine essentiellement de la nappe superficielle pour l'alimentation en eau potable et dans le secteur agricole.

Moularés comptait, au recensement de 2004, 24 487 habitants. La région de Berka comptait 250 habitants. Il s'agit d'une zone rurale. Une école primaire est située au cœur du village accueillant de jeunes enfants, constituant une population vulnérable vis-à-vis d'une exposition

au fluore. Elle possède également un dispensaire type I situé à 8 km de la délégation de Moulares. Afin d'évaluer les risques sanitaires de la pollution hydrique au fluor à la région de Berka, nous avons envisagé de prendre un échantillon de la population dont la taille est 100 répartie selon la tranche d'âge comme suit : (1) Enfant non scolarisé : inférieur à 6 ans ; (2) Enfant scolarisé : 6 à 15 ans ; (3) Jeune : 15 à 30 ans ; Adulte : 30 à 50 ans ; Agé : supérieur à 50 ans. Chez cet échantillon de la population de Berka, nous avons introduit un questionnaire préétabli afin de recueillir les données nécessaires pour l'évaluation des risques sanitaires de la pollution hydrique au fluor selon le modèle de Kinney [7]. L'approche qu'on va adopter dans l'évaluation des risques sanitaires de la pollution hydrique au fluor, consiste à rechercher auprès de la population concernée les dangers identifiés, les analyser, mettre au point une stratégie et fixer des priorités. Cette approche, La méthode de « Kinney » [7], est l'une des méthodes de ranking qui permet de classer les risques selon leur degré de gravité.

3.Résultats :

Dans un premier temps, nous avons prévu de prendre au hasard un échantillon de la population dont la taille est 100. Au cours de la première sortie dans la région de Berka, nous avons pu interroger 60 sujets. Toutefois, les circonstances sécuritaires nous ont empêchés d'interroger les 40 sujets restants. Cinquante trois sujets de la population d'étude résident de façon permanente dans la région de Berka soit 88% dont 34 sont de sexe masculin soit 56 % ; et 26 sont de sexe féminin soit 44%. L'état de santé des individus ayant participé à cette étude a été qualifié de très bon à très mauvais tout dépend du participant. Avant son raccordement au réseau public de distribution d'eau potable (SONEDE), la population de Berka consommait les eaux des puits locaux. Actuellement, certains consomment encore les eaux de puits vu la difficulté d'accès au réseau public de distribution d'eau potable. Cinquante et un pourcent (51%) de notre population d'étude consomme principalement les eaux de puits le reste consomme l'eau du robinet depuis 6 ans. La moyenne de score de risque par tranche d'âge quelque soit l'effet augmente de façon proportionnelle à l'âge; en effet plus l'âge augmente plus la durée d'exposition aux polluants considérée augmente.

Nous avons noté que dans notre population 7 cas présentaient un risque très important soit 11% des cas ; 4 cas avec une atteinte osseuse évoluée et 3 cas présentent un dommage neurologique important. Pour la fluorose dentaire 58% de notre population d'étude appartient à la catégorie 4 d'où une attention doit être requise. De même pour le problème de fluorose osseuse invalidante ainsi que pour le dommage neurologique une attention doit être requise puisque plus de 50 % de notre population d'étude appartient à la catégorie 4.

L'atteinte thyroïdienne en particulier le goitre n'a pas été détecté chez aucun des participants à cette étude.

4. Commentaires et Discussion

Nos résultats rejoignent ceux de la littérature en terme des effets secondaires au fluor notés chez notre population d'étude en particulier la fluorose dentaire, l'atteinte osseuse ainsi que l'atteinte neurologique [10-13]. Le score de risque a été très important chez 7 cas soit 11% de notre population d'étude. Un chiffre important pour une population d'étude de 60 personnes. Ceci sous-entend qu'une attention particulière doit être accordée à ce sujet. Une eau est dite potable quand elle satisfait à un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine. Les standards de référence dans ce domaine diffèrent selon les époques et les pays et selon l'autorité en charge de cette définition dans certains pays (1). Le concept de « potabilité » varie à travers le monde, fruit d'un contexte historique, scientifique et culturel local. Il détermine la question de l'accès à l'eau, puisque une eau de bonne qualité est essentielle au développement économique et humain. Un plan d'action doit être mis en place pour prévenir tout éventuel impact pouvant résulter du risque identifié (la pollution hydrique au fluor).

5. Conclusion

L'évaluation des risques sanitaires de la pollution hydrique au fluor, au niveau de la région de Berka, a été conduite selon la méthode de Kinney. Cette dernière, nous a permis d'objectiver l'ER en hiérarchisant les risques sanitaires puis en évaluant les risques en tenant compte du score de risque calculé à partir du produit des scores de probabilité de survenue d'une conséquence délétère, de la fréquence d'exposition et de la gravité de cette conséquence ou effet. Ainsi, cela va nous permettre d'identifier les priorités des actions préventives à mettre en place. A l'issue de cette démarche d'évaluation du risque sanitaire de la pollution hydrique au fluor, nous avons pu mettre en évidence que plus de 50% de la population d'étude présentait une fluorose dentaire et que 11% de notre population présentait un score de risque très important. Un plan d'action doit être mis en place pour prévenir tout éventuel impact pouvant résulter du risque identifié (la pollution hydrique au fluor).

6. Bibliographie

1- L'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) ; principe et méthodes dossiers santé-environnement de l'ors ; décembre 2007-N°1

2-Hamed .Y. Caractérisation Hydrogéologique, Hydrochimique et Isotopique des Systèmes Aquifères du Synclinal de Moularès-Tamerza (Sud Ouest Tunisien). Thèse doctorat en hydrogéologie. Faculté de medecine de Sfax.2009. 205p.

3-Organisation mondiale de la santé (OMS). Normes de l'OMS sur l'eau potable. Water treatment solutions. lenntech. Mises à jour en 2006.

4-Normes Françaises de qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Arrêté du 11/01/2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique.

5-Besbes M. (1978)- Etude hydrogéologique du bassin de Moularès-Redayef (Modèle mathématique). *Ecole des Mines* ; 41p.

6-Ahmadi R (2006) - Utilisation des marqueurs morphologiques, sédimentologiques et microstructuraux pour la validation des modèles cinématiques de plissement. Application à l'Atlas méridional tunisien. *Thèse doct, 3^{ème} cycle, Fac.Sc et Téch. Nantes, 2006, 200 p.*

7-Kinney G.F and Wiruth A.D. Practical Risk Analysis for Safety Management, NWC technical publication 5865, Naval Weapons Center; China Lake, CA. juin1976.

8-L'analyse des risques ©SPF Emploi,Travail et Concertation sociale .mai 2009 .

9-Fluoride in Drinking-water. Rapport OMS Genève 2006.

10- Malchaire J., koob JP. Fiabilités de la méthode kinney d'analyse des risques

11-10 Facts about Fluoride.Fluoride action network.

12- Connett,P. 50 Reasons to Oppose Fluoridation (updated April 12, 2004). **Medical Veritas.**1:70–80.

13- Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards. National Research Council of the National Academies,Washington, DC: National Academies Press. NRC 2006.

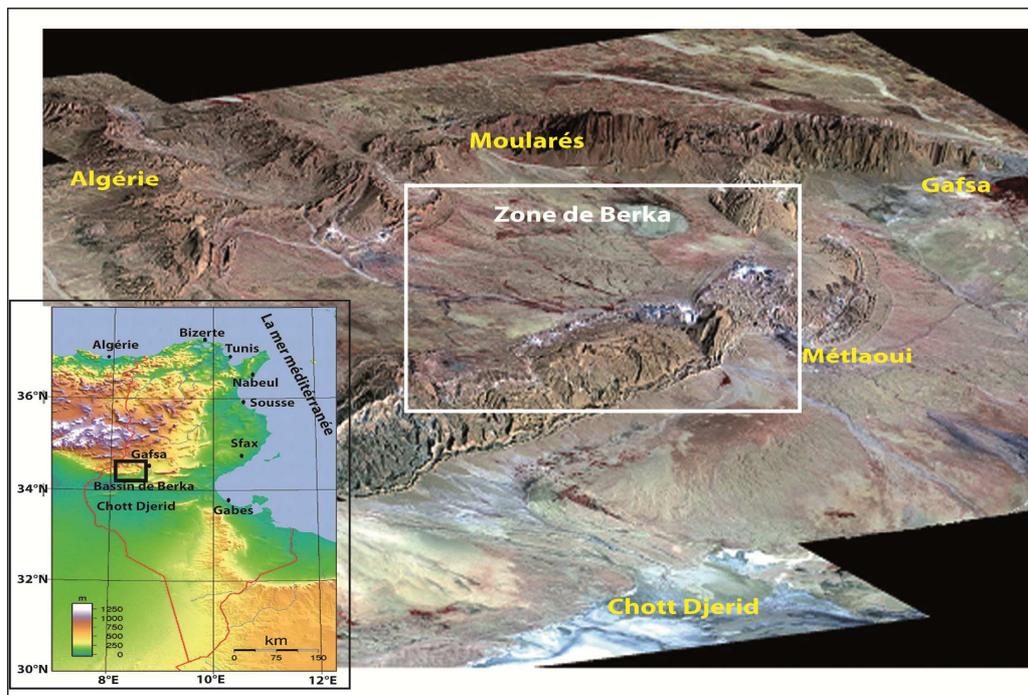


Figure 1. La zone d'étude « Bassin de Berka »

LES RESSOURCES EN EAU DANS LA WILAYA DE MILA : DES GRANDES QUANTITES D'EAU MOBILISEES, DES PENURIES ET DES SERVICESINTERMITTENTS

SOUKEHAL Boudjemaa , maitre de conférence « B » université de Jijel

E-mail : salim_mila@yahoo.fr

2- HADF Hayette, maitre de conférence « B » université de Jijel

E-mail : hayette_urbaniste@yahoo.fr

INTRODUCTION :

Avec une superficie de 3.478 km² la wilaya de Mila est l'une de la mosaïque départemental de l'Est Algérien. Le voisinage de la wilaya de Mila est composé de 5 wilayas, Jijel au Nord, Constantine à l'Est, Sétif à l'Ouest, au Sud les wilayas de Batna et Oum-El-Bouaghi .

La wilaya de Mila renferme beaucoup de potentialités en matière de développement local et régional. Elle dispose d'un équipement de grande hydraulique qui devrait la transformer. C'est le barrage de Beni-Haroun.

Pourquoi l'étude de l'eau potable ? La réponse à cette question est claire : « l'eau c'est la vie ». Sa mobilisation est nécessaire. Elle doit répondre aux normes de potabilité. Elle doit être distribuée équitablement et avec un prix socialement acceptable. Le manque d'eau dégrade la qualité de vie des ménages. Sans eau potable, au sens propre du mot, le risque de propagation des épidémies (cholera , typhoïde...) devient évident. L'eau potable est un élément fondamental à la stabilité et à la quiétude des ménages. Alors, la couverture des besoins des ménages en eau potable est une nécessité inéluctable.

Dans la wilaya de Mila, la consommation de l'eau potable traduit une croissance rapide de l'urbanisation ; une évolution démographique et des mutations socio-économiques. Ceci annonce une fragilité de l'équilibre entre l'offre et la demande sur ce produit. Actuellement, les ménages de la wilaya de Mila, subissent désespérément l'imprévisible des pénuries et de l'intermittence des services.

1- CLIMAT ET PHÉNOMÈNES NATURELS LIÉS À L'EAU :

Le climat de la wilaya de Mila est un climat typiquement méditerranéen. Il est caractérisé par un Hiver doux et pluvieux et une période estivale longue chaude et sèche qui se prolonge du mois de Mai au mois d'Octobre avec une variation saisonnière et spatiale.

Selon le coefficient d'EMBERGER, la station de Beni-Guecha qui est au centre de la wilaya, se situe dans le domaine semi-aride à hiver froid.

2- FACTEURS CLIMATIQUES : L'analyse de données climatiques est faite à partir de données des deux stations météorologiques de Fdoules et de Beni-Guecha. Ces deux stations ont des positions géographiques différentes ; la première est perchée sur les hauteurs des monts du nord de Zouagha, la deuxième se trouve dans dépression de Beni Guecha près de Ferdjioua.

2.1-Température : Une température méditerranéenne modérée durant les mois de l'Automne, l'Hiver et le Printemps [1]. Pendant l'Été la température augmente rapidement surtout, à l'intérieur de la wilaya là où on a enregistré des pics allant jusqu'à 49° à Beni-Guecha (le 23 juillet 2009).

Quoiqu'il en soit la température est favorable pour les cultures autant en Été qu'en Hiver. Elle joue un rôle très important dans la croissance des plantes et la maturation des céréales et de fruits.

2.2 - Précipitations : Les précipitations sont des facteurs climatiques essentiels en ce qui concerne le cycle écologique, le régime hydrographique et l'activité agricole. La variation de précipitations annuelles est le fait marquant dans cette zone[2].La pluviométrie à Mila est inégalement répartie à travers les mois de l'année et les précipitations sont, naturellement, cantonnées dans le semestre frais qui débute en Novembre et se termine en Mars. Le manque ou l'abondance des précipitations agissent sensiblement sur les réserves en eau ; quantités mobilisées et quantités exploitées. La sécheresse agit directement sur le comportement de la population de cette zone.

Les données du climat de cette zone nous montrent une répartition de précipitations très inégale dans l'espace et le temps [3] :

- une variation mensuelle caractérisant les deux stations ;
- un gradient pluviométrique nord-sud ;
- une variation interannuelle marquant le trait du climat méditerranéen[4] ;
- une variation sous l'effet de l'orographie : le nord montagneux reçoit une pluviométrie de 1161mm/an, cette quantité considérable favorisant le maintien et le développement d'une économie agro-sylvo-pastorale. Les bassins de l'intérieur reçoivent une lame d'eau qui varie entre 500 et 650 mm/an. Cela demeure favorable à la céréaliculture en sec.

3 - UNE SÉCHERESSE DOMINANTE MÊME EN PÉRIODE HIVERNALE :

La sécheresse domine à Mila avec un déficit important de précipitations, d'écoulement hydrographique et de réserves en eau souterraine. La sécheresse estivale s'entend comme

période de pluie nulle ou faible. Elle est exprimée par une durée de jours, de mois et d'années. Elle peut correspondre au maintien prolongé des ressources en eau dans une région au dessous d'un seuil critique par rapport à la moyenne sur une longue période pour un usage particulier dans les différents domaines. La sécheresse frappe d'une manière sévère tous les écosystèmes naturels. Elle touche sérieusement le fonctionnement et la fonctionnalité de la biodiversité. Elle complique la vie de citoyens ainsi qu'elle peut faire effondrer les économies de la wilaya.

3.1- répercussion de la sécheresse sur l'environnement et l'économie locale :

3.1.1-l'impact de la sécheresse sur le régime hydrographique :

C'est une baisse importante de la lame d'eau avec une régression remarquable de l'écoulement superficiel. Le Kebir-Rhumel atteint son niveau bas d'étiage au mois de juillet en y fragilisant la stabilité ou l'évolution de la vie naturelle dans ses alentours. L'équilibre naturel devient très fragile et très menacé.

3.1.2 - l'impact de la sécheresse sur le couvert végétal :

La sécheresse, l'aridité, c'est le manque d'eau par rapport aux besoins des êtres vivants d'abord. Il y a déficit quand l'évaporation l'emporte sur les précipitations. La sécheresse fragilise rapidement l'écosystème des zones naturelles de la wilaya. Durant la période chaude de l'été, surtout dans les jours caniculaires, le sol est quasiment sec ce qui augmente le risque d'incendies.

3.1.3 - l'impact de la sécheresse sur les activités économiques locales :

La sécheresse attise une sorte de concurrence interactivités économiques. L'augmentation des consommations des fabriques de boissons, boulangeries et terrasses de café participe à la création d'une crise de l'eau potable.

L'eau devient rare. A ce moment là l'eau recouvre sa valeur et sa qualité de produit économique de grande importance.

3.1.4 - l'impact de la sécheresse sur le comportement de la population :

La sécheresse réduit les disponibilités en eau et en eau potable. Chaque année la wilaya de Mila enregistre un manque flagrant en alimentation en eau potable ce qui cause des problèmes sérieux quant à la gestion de la crise dans les villes et villages comme dans la zone

éparse. Chaque ménage désigne, en pénalisant, une personne pour la collecte journalière de l'eau. Cette mesure corrective touche, généralement, les enfants qui passent plus de 2 heures à la recherche d'une source d'eau et 2 heures pour remplir ses jerricans, faute de débit. C'est le quotidien des enfants de Mechta Taffs dans la commune de Bouhateme qui s'approvisionnent de Ain El Khalfi située dans la commune de Beni-Guecha distante plus 15 kilomètres.

4- MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU :

La mobilisation des ressources en eau est l'une des préoccupations des pouvoirs publics ; un souci pour les collectivités locales. Avoir de l'eau c'est se procurer d'un facteur de développement économique essentiel. C'est, encore, la satisfaction des ménages et le renforcement des composantes socio- économiques de la ville.

4.1- Sources : les sources d'approvisionnement sont diversifiées. Les sources ne jouent pas un grand rôle, car leur débit est trop faible et le risque de leur pollution est trop grand. On dénombre 415 sources avec un débit mobilisé de 368 l/s, un débit exploité : 323 l/s. Ce qui donne un volume annuel mobilisé de 11.633.315 m³/an. Le volume exploité des sources est de 10 193 065 m³/an.

4.2- Puits : un trou vertical creusé dans le sol pour exploiter les eaux souterraines. Le comblement des puits fut une des principales revendications des hygiénistes pour enrayer les épidémies (choléra typhoïde) et encourager la consommation d'eau distribuée par conduite, jugée potable[1]. Créer de nouvelles ressources de production d'eau potable est une condition vitale pour une wilaya en pleine mutations démographiques. L'évolution de la demande suggère un besoin supplémentaire afin de couvrir les besoins de la concentration de la population [2].

Le nombre de puits est 57. Le débit mobilisé est 212 l/s. le débit exploité est de 157 l/s. Le volume mobilisé est de 6 685 632 m³/an. Le volume exploité est de 2273919m³/an.

4.3- Forages : actuellement l'eau potable vient des nappes phréatiques des plaines alluviales. Des réservoirs en amont des villes [3]. Les forages sont en nombre de 87. Le débit mobilisé est de 1245l/s. Le débit exploité est de 741 l/s Le débit mobilisé est de 38 640 430 m³/an. Le débit exploité est de 16 745 773 m³/an.

4.4- Barrage de Beni Haroun : l'apport journalier du barrage de Beni- Haroun est de 52 340 m³/j. Son apport annuel est de 18 374 100 m³/an.

La wilaya de Mila totalise une quantité mobilisé de 75 333 477 m³/an. [4]. Le barrage peut, ainsi, atténuer la crise de l'eau potable. Il maximise les chances de développement local dans le cadre d'une logique territoriale [5].

5- UN PHÉNOMÈNE URBAIN EN EXPANSION RAPIDE : selon les données du recensement général de la population (RGPH 2008), la wilaya de Mila compte :

- 02 villes moyennes (plus 50.000 habitants): Mila et Chelghoum-Laid.
- 05 petites villes (de 15.000 à 49.900 habitants) : Grarem Gouga Ferdjioua, Oued Athmania, Tajenanet, Teleghma.
- 25 petites localités (Inferieur à 15.000 habitants). Elles forment un phénomène de micro-urbanisation.

Cette urbanisation non contrôlé va compliquer la gestion du foncier et du foncier urbain. De même elle va créer des problèmes d'alimentation en eau potable, de l'égouttage, de transport et de gestion des réseaux.

6- DES BESOINS EN EAU POTABLE EN ÉVOLUTION :

Les dotations généralement faites par les services de l'hydraulique et de l'Algérienne des eaux ne font pas foi car les besoins de l'individu pour se nettoyer, boire et préparer ses aliments peuvent évaluer entre 50 et 60 litres par jour [1]. La quantité augmente à 100 l/j/h si le ménage dispose d'une douche et d'un évier de cuisine. Cette quantité se double avec un équipement moyen de ménages (chauffe- eau et machine à laver). La quantité dépasse les 400 l/j/h avec l'évolution de niveau de vie de certains ménages : réalisation de réservoirs de stockage de l'eau ; installation de moyens de chauffage, arrosage de jardins et lavage de voitures.

Les besoins en eau augmentent plus rapidement dans les villes qu'en campagne. D'une part les villes représentent des concentrations humaines de grandes tailles d'autre part le niveau d'équipement de ménages des villes joue un rôle très remarquable lors de l'utilisation de l'eau. Malgré la grandeur des superficies des maisons rurales par rapport à celle des appartements de la ville ; les ménages des milieux urbains consomment beaucoup plus d'eau que les ménages de zones rurales.

7- UN DÉFICIT EN EAU POTABLE PUNISSANT LES MÉNAGES :

Un déficit très inquiétant, il dépasse 3071 m³ /j sur tout le territoire de la wilaya. Ce manque d'eau potable punit les ménages surtout en période de grande canicule. Sur la base de dotation de 150 l/j/h, les services de l'hydraulique de la wilaya (DHW) croient que la quantité d'eau fournie peut satisfaire les besoins des ménages. Malheureusement, l'eau n'arrive pas à

l'ensemble de foyers de la population de la wilaya. Les besoins augmentent chaque année et la rareté persiste.

8- UN SERVICE PRÉCAIRE ET INTERMITTENT :

a)- population desservie en continue 24 heures sur 24 : elle est de 77210 habitants ce qui représente 13,3 % du total de la population de desservie. Cette desserte touche deux communes ou deux petites villes : Mila, chef lieu de la wilaya et Chelghoum -Laid une petite ville en expansion économique. Le reste des communes gérées par l'ADE est pénalisé par les phénomènes de pénurie et de l'intermittence de service d'approvisionnement.

b)- population desservie quotidiennement mais par intermittence :

- une desserte de 12 heures de service : nous avons la commune de Ferdjioua. La population desservie 12 heures est de 24930 habitants, soit 04.3%.

- une desserte de 08 heures de service : les communes concernées sont : Chelghoum-Laid et Rouached avec une population de 54951 et de 31000 habitants, ce qui représente, respectivement, 7.9 % et 05.3 %.

- une desserte de 06 heures de service : cette desserte concerne les quartiers populaires de la commune de Mila. Elle touche une population de 62325 habitants soit 10.7%.

- une desserte de 04 heures de service : ce service s'applique sur 03 communes :

- Tadjenanet , une commune de la haute plaine constantinoise, avec un population de 8550 soit 1.4 % du total population desservie.

- Grarem Gouga : commune de la partie centrale de la wilaya, avec une population de 15120 habitants soit 2.6 % du total de la population desservie.

- Hamala : commune de la zone montagneuse du nord, la population desservie est de 1460 habitants, soit 0.25 %.

La population desservie quotidiennement malgré les disparités de service d'approvisionnement est 189336 habitants soit 32.7 %.

c)- population desservie 1 jour sur 2 : les communes sont :

Chelghoum-Laid, Ferdjioua, Oued Endja, Ahmed Rachedi, Tadjenanet, Grarem Gouga, Oued Athemania, Ain Tine, Hamala, Teleghma, Sidi Merouane.

-une desserte de 06 heures : nous avons la commune de Chelghoum-Laid. Le nombre de la population desservie est de 6069 habitants soit 01 %. Encore nous avons la commune d'Oued Athmania avec une population de 42300 habitants soit 07 %.

-une desserte de 04 heures :

- Ferdjioua : population desservie est de 19391 habitants, soit 03.3 %
 - Oued.Endja : population desservie est de 1145 habitants, soit 0.2 %
 - Ahmed. Rachedi : population desservie est de 12040 habitants, soit 0.2 %
 - Tedjenanet population desservie est de 37050 habitants, soit 06.4 %
 - Grarem.Gouga : population desservie est de 22680 habitants, soit 3.9 %
 - Ain tine : population desservie est de 10100 habitants, soit 1.7 %
 - Sidi Merouane : population desservie est de 26800 habitants, soit 04.6 %
 - une desserte de 03 heures : ce service concerne la commune de la Teleghma. La population desservie est de 51500 habitants soit 09 %.
 - une desserte de 02 heures : la commune concernée est Hamala avec une population de 131 40 habitants, soit 20.2 %. La population desservie 1 jour sur 2, malheureusement, est de 242.214 habitants soit 42 % du total.
 - d)- population desservie 1 jour sur 3 et plus : cette desserte concerne une catégorie de population des communes de : Ferdjioua, Ahmed Rachedi, Tadjenanet, Grarem Gouga, Bouhateme et Sidi Merouane.
 - 04 heures de desserte, 01J/3 : les communes sont : Ahemed Rachedi avec une population de 5160 habitants soit 0.9 % et Sidi Merouane avec une population de 6700 habitants soit 1.1 %.
 - 03 heures de desserte, 01J/03 :
 - Ferdjioua : population desservie est de 11080 habitants, soit 1.9 %
 - Tadjenanet : population desservie est de 11400 habitants, soit 1.9 %
 - Grarem Gouga : population desservie est de 12600 habitants, soit 2.1 %.
 - 02 heures de desserte, 01J/3 : la commune concernée est celle de Bouhateme avec une population de 21600 habitants soit 3.7 %.
- La population desservie 01 jour sur 03 et plus, malheureusement, est de 68.540 soit 12 % du total de la population desservie par l'ADE. Une pénurie d'eau potable d'une durée de deux jours consécutifs est dénoncée par les ménages, dans ce contexte une réduction de la durée l'intermittence est fortement recommandée.

9- NIVEAU DE L'INCONSTANCE DE L'OFFRE DE L'EAU DANS LA WILAYA DE MILA (résultats d'une enquête 2009) :

L'inconstance [1] est l'ensemble des caractéristiques qui affectent l'offre quantitative d'eau.

- Niveau 1 : inférieur à une heure par 24 heures; représente 22.8 % de ménages
- Niveau 2 : d'une heure à 2 heures par 24 heures; représente 40.2 % de ménages
- Niveau 3 : de 2 heures à 6 heures par 24 heures; représente.33 % de ménages

- Niveau 4 : de 6 heures à 12 heures par 24 heures ; représente 3.2 % de ménages
- Niveau 5 : de 12 à 23 heures par 24 heures ; représente 0.59 % de ménages

10- LA COLLECTE DE L'EAU OU LE COLPORTAGE FORCÉ :

La collecte de l'eau dans la wilaya de Mila est une pratique séculaire, presque un mode de vie, surtout, pour les ménages qui habitent dans les campagnes et les zones rurales. 58 % de ménages de la wilaya de Mila collectent de l'eau potable afin de couvrir leurs besoins. La collecte est très forte chez les ménages non raccordés dans les communes de la bande montagneuse du nord : Amira Arres, Tarai Bainen, Tassala, Chigara, Hamala, Tassadane et Zaraza. La fragilité des services marqués par l'irrégularité de l'offre de l'eau potable (précarité et intermittence) se répercute négativement sur le comportement et la qualité de vie des ménages. Elle pousse les ménages à stocker, à chercher de s'approvisionner en eau potable quel que soit la distance, le lieu, la source ou le coût.

11 - PROTESTATIONS DES MÉNAGES OU LES ÉMEUTES DE L'EAU :

L'eau devient ainsi une source de tensions violentes dans les villages et les villes de la wilaya de Mila. Ainsi, le 10/07/2003 une émeute violente dans la commune de Rouached s'est déclenchée. Après la fermeture de la route nationale n°- 79 reliant la ville de Mila à celle de Ferdjioua par des barricades et des pneus brûlés. Cette émeute s'est tournée en une confrontation avec les forces de l'ordre. Le même problème à Sbikhia à Ferdjioua le 4/11/2007 où les manifestants ploquent la route n°- 77 reliant Ferdjioua à Jijel. Des émeutes dans la commune d'Ain Melouk le 02/09/2008, dans la commune de Tiberguent 03/05/2009, à Oued Athmania le 18/02/2009 et dans la commune de Chigara 05/09/2009. En 2010, la route nationale n°-77 a été fermée par des pneus en feu le 20/09/2010 par des manifestants dans la commune de Minar Zaraza située au nord ouest de la wilaya. Ils réclament la mise en place des réseaux (AEP) et réseaux d'assainissement. Malgré les efforts déployés par l'État et les collectivités locales en matière de réalisation de projets d'(AEP) et d'assainissement, un manque est toujours constaté.

CONCLUSION :

La manière de gérer l'eau dans la wilaya de Mila reflète la politique globale de l'État en la matière. Malgré l'importance économique et sociale de ce produit, l'eau reste sous-estimée et peu valorisée. Ici (dans la wilaya de Mila) comme ailleurs l'eau est gérée socialement. Le problème de l'intermittence persiste dans les années à venir. Pour les gestionnaires l'intermittence est une technique de rationalisation de la consommation de l'eau potable. Réduire l'intermittence dans la distribution de l'eau potable est un souci des pouvoirs publics.

La gestion de l'eau potable est un enjeu social, politique et même technologique. L'Algérienne Des Eaux doit augmenter son capital, elle doit s'auto-équiper d'un matériel sophistiqué de contrôle et de gestion des réseaux. De même l'augmentation de la production, la plus-value et la valeur ajoutée assurent une rentabilité et un profit qui maintiennent la stabilité et l'équilibre de l'entreprise. La demande sur l'eau est liée fortement au prix. Le pouvoir d'achat des ménages est lié aux revenus. Dans ce contexte une pratique d'accompagnement des usagers par l'ADE est fortement recommandée. Sans eau aucune ville ne peut vivre [1]. Et la question de la qualité de l'eau potable joue un rôle autant plus que celle de la quantité. L'eau, vraiment, est un atout majeur dans le processus d'urbanisation et de développement socio-économique de la wilaya de Mila.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1]- Recensement Général de la Population et de l'Habitat (2008)
- [2]- Enquête sur terrain 2009 fait par l'Auteur (2009)
- [3]- Documents de la Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Mila (DHW) et de l'Algérienne Des Eaux (ADE) (2012)
- [4]- PEGUY CH.P. « Jeux et enjeux du climat » p 28, pratique de la géographie MASSON édi.1989 P.252
- [5]- DOUGUEROIT A. DURBIANO C. « les précipitations et cultures dans le centre-ouest du Maroc » p. 29. Méditerranée, revue géographique des pays méditerranéens, Tome 88, 1998
- [6]- GODARD A. & TABEAUD M. « les climats, mécanismes et répartition » p .76, édi. Cursus, Armand Colin, Paris 2002
- [7]- SELTZER P. « le climat de l'Algérie » p.9 Inst .de météorologie et de physique du globe de l'Algérie 1946
- [8]- MERLIM P. & CHOAY F. « dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement » 3^{ème} édi. ; Presse univ. De France 2000-n°46943
- [9]- GRUJARD E. « les conditions géopolitiques d'une gestion durable de l'eau : le cas du bassin rennais », norois (en ligne),206 . 2008/1
- [10]- PLLLETIER J. & DELFANTE C. 2000 « villes et urbanisme dans le monde », Armand Colin
- [11]- Documents des services de la Direction de l'Hydraulique de la wilaya de Mila (DHW) 2009
- [12]- GREFFE X. « le développement local »p.65, édi., Aube 2002 pp193
- [13]- DORIER-APPRILL E. « ville et environnement » p.414, SEDES, Paris 2006
- [14] - ZERAH M. « l'accès à l'eau dans les villes indiennes » p.51, 52, édi., anthropos , Paris1999
- [15]- BEUUJEU-GARNIER J. « géographie urbaine » p.198, 4ème édition, édi., ARMAND COLIN/MASSON, Paris 1997 pp.349

MISE EN EVIDENCE DE L'ORIGINE DE LA SALINISATION DES EAUX SOUTERRAINES DE LA NAPPE DE MESKIANA NE ALGERIEN.

GOUAIDIA L¹, GUEFAIFIA O²., DEFAFLIA N. ³& HEMILA ML⁴

Dpt des sciences de la terre, université de Tébessa

Résumé :

L'analyse des eaux souterraines de l'aquifère superficiel Plio-Quaternaire, a révélé l'abondance des faciès gypso-salifères dans la nappe phréatique de Meskiana dans le Nord Est algérien. Ces faciès sont le résultat de la présence d'affleurements triasiques, en surface, sur les bordures septentrionales et par la présence d'un substratum marno-salifère en profondeur d'âge emschérien. Les analyses chimiques d'une quarantaine de puits dans la nappe confirment une pollution naturelle marquée par une forte salinité. Cette dernière est très variable : Elle est faible au Sud et très élevée au Nord de la nappe. La conductivité électrique de l'eau oscille entre $460 \mu\text{S cm}^{-1}$ et $5230 \mu\text{S cm}^{-1}$ avec une croissance d'amont en aval dans le sens de l'écoulement qui se fait du Sud Ouest vers le Nord Est. Les faciès chimiques extrêmes sont le chloruré calcique et le chloruré sodique et le sulfaté calcique. Les teneurs en chlorures et en sodium pouvant atteindre localement les valeurs respectives de 949 mg/l et 506 mg/l. La comparaison de la teneur en chlorures avec le reste des éléments majeurs et le strontium, montre que la salinité des eaux souterraines de la plaine de Meskiana possède deux origines possibles : - la dissolution-précipitation de la roche aquifère et du substratum, et l'échange de base entre le sodium et les éléments qui lui sont semblables.

Mots clés : Salinité, évaporites, échange de base, Semi aride, Meskiana.

I. Introduction

Les eaux souterraines de la nappe phréatique de Meskiana, qui se situe au NE algérien, proviennent des formations carbonatées bordant la plaine. Ensuite, elles s'écoulent dans un matériel très hétérogène (des alluvions, des sables, des graviers, des dépôts évaporitiques,, etc.). Le parcours de leur écoulement et les couches traversées influent sur

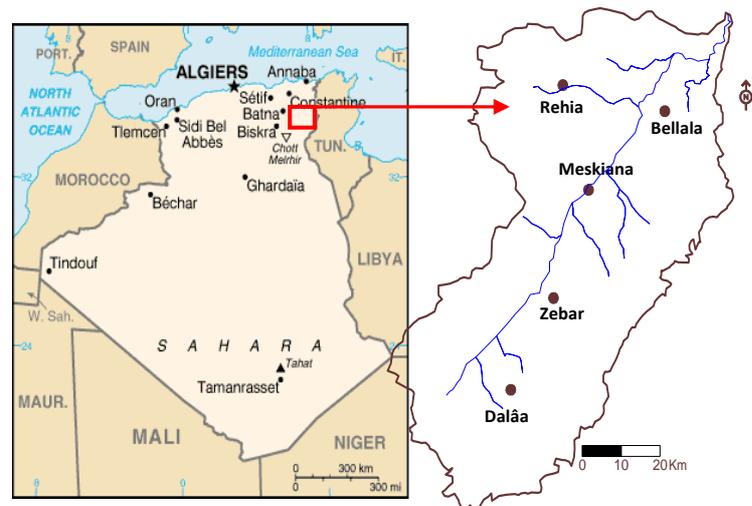


Fig 01 : Situation géographique de la plaine de Meskiana.

l'acquisition des éléments chimiques. L'objectif de cette étude est de déterminer l'origine de chaque élément chimique, son comportement par rapport aux autres, son évolution dans le temps et dans l'espace, les différents phénomènes hydrogéochimiques qui peuvent se développer au niveau de la plaine. Et enfin la tendance des formes chimiques dans le système d'équilibre thermodynamique entre la phase dissoute et la phase minérale sera également examinée.

En effet, l'évolution des éléments chimiques montre l'existence du phénomène d'échange de base entre l'eau de la nappe et les formations argileuses par la libération de Na^+ et l'adsorption de Ca^{2+} .

L'évolution des rapports caractéristiques ($\text{HCO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$, $\text{Cl}^- / \text{SO}_4^{2-}$) en fonction de la conductivité électrique indique que la forte salinité des eaux est plus liée aux évaporites, dont le NaCl. Et enfin le calcul de l'indice de saturation (IS) des différents minéraux dans l'eau indique que seuls les minéraux carbonatés ont tendance à précipiter surtout sous la forme de calcite et en particulier pendant la période des hautes eaux sous-saturation. Par contre les minéraux évaporitiques sont

toujours à l'état de, malgré les fortes concentrations qu'ils acquièrent. On explique la précipitation rapide des minéraux carbonatés par leurs faibles constantes d'équilibre.

II. Contexte géologique et hydrogéologique

Les anciens travaux ont montré que la géologie du bassin de Meskiana s'agit de terrains sédimentaires autochtones Nord-Aurésiens, qui se trouvent dans la partie orientale des hautes plaines constantinoises. Leurs formations se constituent de :

- Terrains anciens représentés par le Trias à faciès lagunaire, apparaissant en diapirs ;
- Très importantes assises d'âge crétacé (Aptien et Maestrichtien) formées de marnes et de calcaires ;
- Divers recouvrements continentaux représentant le Plio-Quaternaire.

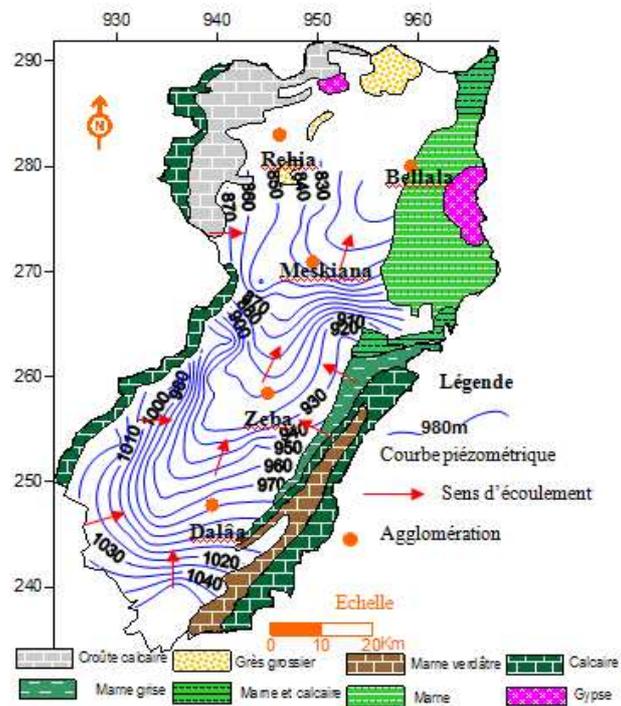


Fig 02 : Carte piézométrique de la nappe de Meskiana, mars 2013.

Le bassin de Meskiana se situe au Nord-Est du territoire algérien, à mi- chemin entre la Méditerranée et le début du domaine saharien, ce qui lui confère un climat semi aride et ne reçoit qu'une moyenne de 341 mm.

Le calcul du bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite montre que 314,30 mm partent sous forme d'évaporation réelle, 22 mm par ruissellement, le reste (5 mm) s'infiltrant vers la nappe.

Les mesures piézométriques effectuées, montrent que la profondeur de la surface piézométrique par rapport au sol est très variable dans l'espace. Le niveau varie entre 0 et 21 m en période des hautes eaux et de 0 à 23 m en période des basses eaux. La morphologie de la surface piézométrique que l'écoulement souterrain se fait, en général, suivant une direction du SW vers le NE.

III. Résultats et interprétation

Une analyse complète des éléments majeurs a été effectuée sur les eaux prélevées de la nappe superficielle pendant les deux périodes (basses eaux et hautes eaux). Les résultats d'analyse physico- chimique des eaux de, ont permis les constatations suivantes :

A. Eléments majeurs

Les éléments les plus dominants se présentent comme suit :

Les chlorures (Cl^-) : Les teneurs enregistrées, pendant toute la période d'observation, montrent des valeurs importantes qui dépassent la norme de potabilité de l'OMS fixée à 250 mg/l. On signale que 74 % des puits dépassent cette norme. Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines (écart type 265.94: mg/l) :

Les sulfates (SO_4^{2-}) : Les plus fortes valeurs sont enregistrées pendant la période des basses eaux, avec une moyenne de 472 mg/l, suite au phénomène d'évaporation. En effet, 83.5 % des puits dépassent la norme (250 mg/l) de potabilité.

Les bicarbonates (HCO_3^-) : Les fortes teneurs sont enregistrées pendant la période des hautes eaux avec une moyenne de 185.6 mg/l et un maximum de 263 mg/l, suite à la dissolution des calcaires. Les concentrations varient faiblement (écart type : 39.49 mg/l).

Le calcium (Ca^{2+}) : La plupart des puits (92.85 %) présentent des teneurs supérieures à la norme de potabilité des eaux. Les valeurs les plus élevées oscillent autour de 845 mg/l, elles sont observées au Nord-Est de la nappe pendant la période des basses eaux.

Le sodium (Na^+) : De fortes concentrations, ont été enregistrées, dépassent 500 mg/l. On signale que 73 % des puits dépassent les normes de potabilité de l'OMS.

1.1. B. ETUDE DE L'ORIGINE DES ELEMENTS CHIMIQUES

Les eaux souterraines qui circulent dans la nappe alluviale de Meskiana proviennent des formations carbonatées de l'Eocène et du Maestrichtien qui bordent la plaine. Ensuite, elles s'écoulent dans un matériel très hétérogène (des alluvions, des sables, des graviers, des dépôts évaporitiques, etc.). Le parcours d'écoulement et les couches traversées influent sur l'acquisition des éléments chimiques. En se basant sur les mesures et les analyses chimiques de toutes les campagnes, on va essayer de déterminer l'origine probable de tous les ions.

Les éléments $\text{Ca}^{2+} - \text{HCO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$:

Le calcium tire son origine des carbonates et du gypse, la détermination de l'origine de chaque concentration en Ca^{2+} est nécessaire pour connaître les mécanismes du chimisme de la nappe. Afin de différencier le calcium d'origine carbonatée du calcium d'origine évaporitique, nous avons établi un graphique où nous avons représenté le calcium en fonction des bicarbonates et des sulfates (figure 03). L'analyse de ce graphique montre que 15% des échantillons sur 225 ont une origine carbonatée.

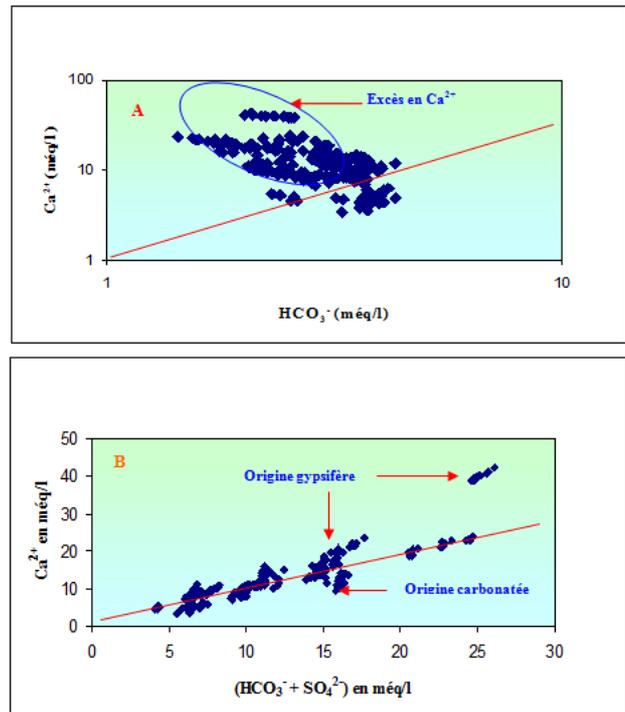


Fig 03: Détermination de l'origine du calcium.

Les éléments $\text{Na}^+ - \text{Cl}^-$: Dans les eaux naturelles, la présence des deux éléments Na^+ et Cl^-

est attribuée à la dissolution de la halite que l'on rencontre dans les formations triasiques. La représentation graphique de l'évolution du Na^+ en fonction de Cl^- (figure 04 A) a montré un excès des teneurs en Na^+ , qui s'explique par l'existence d'une autre origine. L'augmentation des teneurs en Na^+ qui a accompagné les faibles teneurs en Cl^- est due au phénomène d'échange de base (figure 04 B).

Les fortes teneurs en Na^+ qui ont accompagné celles élevées du Cl^- , sont

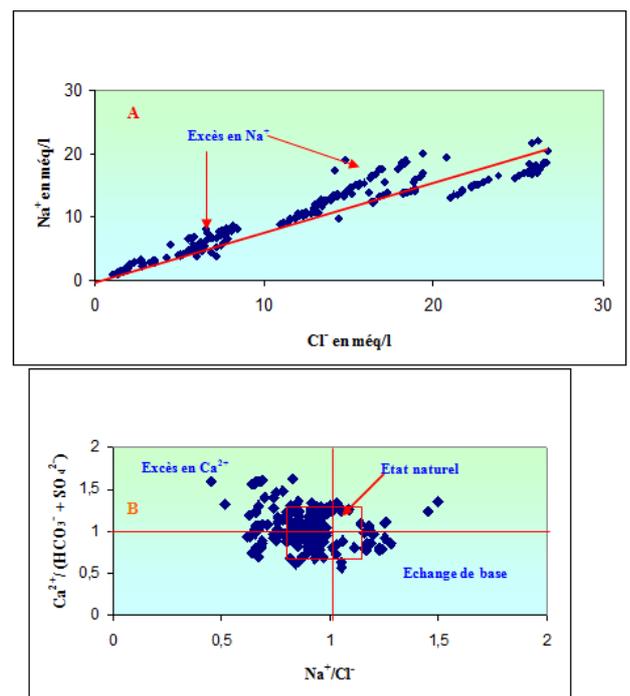


Fig 04 : Détermination de l'origine du sodium.

attribuées à la dissolution de l'halite contenue dans les marnes emschériennes et aux évaporites du Trias de Djebel Belkefif. Ce diagramme a confirmé un excès de Ca^{2+} par rapport à Na^+ .

Les éléments HCO_3^- , Cl^- et SO_4^{2-} :

L'évolution des anions en fonction de la conductivité (figure 05) montre que cette dernière n'évolue pas avec les bicarbonates, alors que les chlorures et les sulfates croissent avec la salinité. Cette dernière est donc due aux éléments salifères. L'évolution de la conductivité électrique commence par des valeurs faibles ($<600 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) qui sont liées aux formations carbonatées des bordures. Lorsque les eaux souterraines s'écoulent en contact avec le substratum marneux gypsifère et les dépôts évaporitiques, elles se chargent en ions Cl^- et SO_4^{2-} et acquièrent des valeurs de conductivité très importantes, qui dépassent $5000 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Les éléments Cl^- - SO_4^{2-} :

Ces deux ions sont issus de deux formations différentes, le SO_4^{2-} provient du gypse et le Cl^- provient de la dissolution de l'halite. On a associé l'évolution de ces ions à la conductivité électrique. L'interprétation du graphe (figure.07) a révélé que la majorité des points présente un rapport ($\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-}$) supérieur à 1, indiquant ainsi la dominance des ions Cl^- par rapport à SO_4^{2-} .

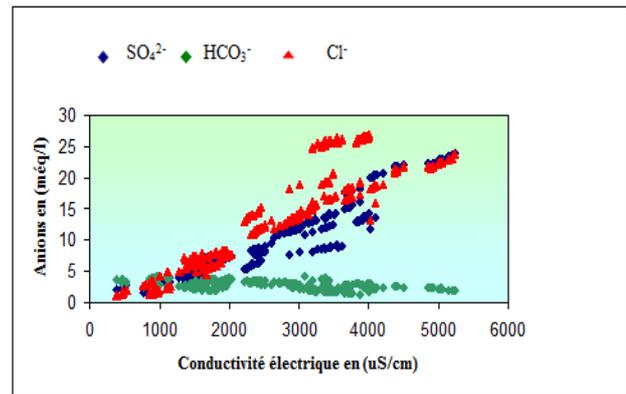


Fig 05 : Evolution des anions en fonction de la conductivité électrique.

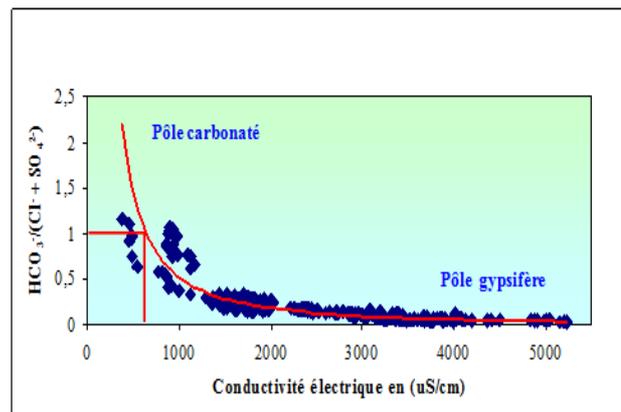


Fig 06 : Evolution des anions en fonction de la conductivité électrique.

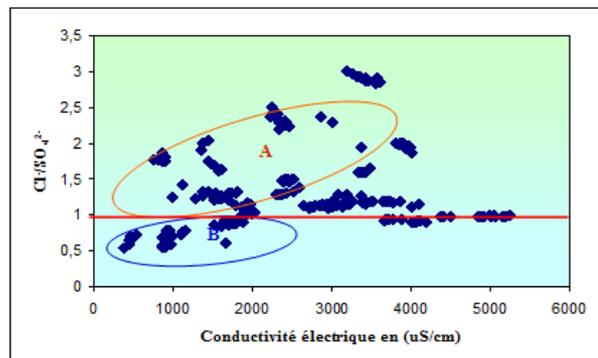


Fig 07 : Evolution des chlorures et des sulfates en fonction de la conductivité.

C. Etude de l'acquisition de la minéralisation :

Les eaux de précipitations qui s'infiltrent dans les formations géologiques seront chargées en ions :

Dans le but d'expliquer les mécanismes d'acquisition de la minéralisation, on a utilisé le programme WATEQ. Les calculs ont montré que :

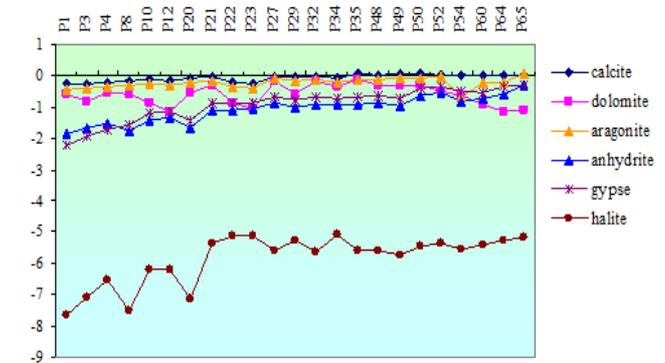


Fig 08: Variation de l'indice de saturation des minéraux, mars 2008.

-les minéraux carbonatés présentent des degrés de saturation différents. Trois minéraux ont atteint leur état d'équilibre et non pas celui de la sursaturation. (figure 08).

- Les minéraux évaporitiques montrent des degrés de saturation plus faibles que les minéraux carbonatés, on note que 70 % des points d'eau analysés n'ont pas atteint le degré de saturation).

IV. Conclusion

L'étude hydrogéochimique des eaux de la nappe du Mio-Plio-Quaternaire de Meskiana permet de dire que :

-Les eaux sont caractérisées par une forte salinité. -La répartition spatiale des éléments chimiques montre que le chimisme est fortement lié à la lithologie de la nappe, suite à la dissolution des formations carbonatées et des formations évaporitiques ;

-L'évolution des éléments chimiques (Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^-), qui caractérisent les formations géologiques principales du bassin, a montré la dominance des ions salifères (Na^+ , Cl^-) et des ions gypsifères (Ca^{2+} , SO_4^{2-}) par rapport à ceux carbonatés (Ca^{2+} , HCO_3^-) dans l'acquisition de la salinité. Ce bilan a également mis en évidence le phénomène d'échange de base entre les eaux de la nappe et les passages argileux, ce dernier a été révélé par l'augmentation des teneurs en Na^+ par rapport à Cl^- .

-Le calcul de l'indice de saturation des minéraux carbonatés et gypsifères a montré que les premiers ont tendance à précipiter avant les seconds.

V. Références bibliographiques

[1] BOUZIANI M.(2005) :L'eau dans tous ses états. Editions DAR EL GHARB.239 pages.

- [2] CORNAS S. (2002) : Guide pratique de l'échantillonnage des eaux souterraines. Société suisse d'hydrogéologie. 80 pages
- [3] FAKIR Y. (1991) : Caractérisation hydrogéologique et hydrochimique des aquifères côtiers du Sahel de Safi à Oualidia (Méséta côtière, Maroc). Thèse Univ. Semlalia, Marrakech, Maroc. 188 pages.
- [4] FORGES M. (1972) : Irrigation et salinité. CIHEAM, options méditerranéennes. Pages 40-45.
- [5] GALLAIRE R. (1995) : Hydrologie en milieu subdésertique d'altitude, le cas de l'Air (Niger). Doctorat en sciences. Université de Paris XI. 392 pages
- [6] MARTIN C. (2003) : Mécanismes hydrologiques et hydrochimiques impliqués dans les variations saisonnières des teneurs en nitrate dans les bassins versants agricoles, approche expérimentale et modélisation. Thèse de doctorat d'Université de Rennes. 255 pages. [7]

ESTIMATION DE LA CHARGE SOLIDE ET ETAT D'ENVASEMENT DU BARRAGE D'ELIZDIHAR (CAS DU SOUS BASSIN VERSANT DE L'OUED ISSER)

BALOUL Djouhra, GHENIM Abderrahmane Nekkache, MEGNOUNIF Abdesselam
Equipe « Aridité et transfert des sédiments », laboratoire "Eau et Ouvrage dans Leur Environnement"
Université de Tlemcen, BP 230 Tlemcen, 13000 Algeria
djouhraycf@yahoo.frghenim@yahoo.frmegnounif_aslam@yahoo.fr

Résumé

Les ressources en eau sont caractérisées par leurs répartitions inégales dans le temps et dans l'espace. Cette situation est souvent aggravée par une surexploitation et une mise en péril engendrant une diminution en quantité et en qualité. Affrontée par une croissance démographique importante, cette ressource arrive à peine à satisfaire les besoins de la population surtout en zone aride et semi-aride. Cela a poussé les gestionnaires de se diriger vers le stockage des eaux superficielles par la réalisation des barrages. Cependant, ces réservoirs se trouvent précocement comblés de vase. L'estimation des volumes de la vase décantée au fond des barrages et la durée de vie de ces derniers nécessitent une bonne connaissance des apports solides.

Cette étude est menée dans le contexte de déterminer les apports liquides véhiculés par l'Oued Isser ainsi que les apports solide en suspensions qui sont transportés à l'exutoire. Nous disposant une série de données allant de 1988-89 à 2003-04 des valeurs instantanées de débit liquide-concentration des sédiments en suspension. Nous avons appliqué la méthode trapézoïdale pour l'estimation des apports à différents regroupements temporelles : série complète, échelle annuelle, échelle mensuelle, échelle saisonnière.

Ce sous bassin versant subi une dégradation spécifique de $77t.km^2.an^{-1}$ dont près de 50% d'apport solide est transporté durant l'automne qui n'intervient que par 15.61 % sur l'apport solide, une saison qui se caractérise par l'agressivité des pluies d'une part et le faible couvert végétal de la saison qui la précède (été) qui favorise la destruction des agrégats du sol.

Mots -clés : érosion, Oued Isser, Algérie.

Key words: erosion, Wadi Isser, Algeria.

Description de la région d'étude :

Le bassin versant de l'Oued Isser ($1140 km^2$) est situé au nord-ouest de l'Algérie (figure 1). Son cours d'eau le draine sur une longueur de 81km et se jette dans la cuvette du barrage El Izdihar. Ce dernier d'une capacité initiale de $110. 10^6 m^3$ a été mis en eau en 1989. Au dernier levé bathymétrique effectué en 2006 par les services de l'ANBT (Agence Nationale des

Barrages et des Transferts), cette capacité est passée à 106.10^6 m^3 , soit un taux d'envasement moyen de 0,52%. Occupé au sud par des montagnes de formation orogénèse alpine dont les sommets culminent à 1625 m d'altitude (monts de Tlemcen), le bassin versant est caractérisé par un fort relief sur 32% de sa superficie où la pente dépasse 30%. Le nord du bassin versant qui correspond à des plaines, plateaux et collines est à pente douce ne dépassant pas 10%. Les sols sont constitués de roches calcaire-gréseuses ou marno-gréseuses occupées par des cultures extensives (37% de l'aire du bassin), de terrains squelettiques (grès calcaires, dolomies ou carapaces calcaires) où l'on retrouve un maquis dégradé (34% de l'aire du bassin) ou encore des terrains alluvionnaires occupés par l'arboriculture.

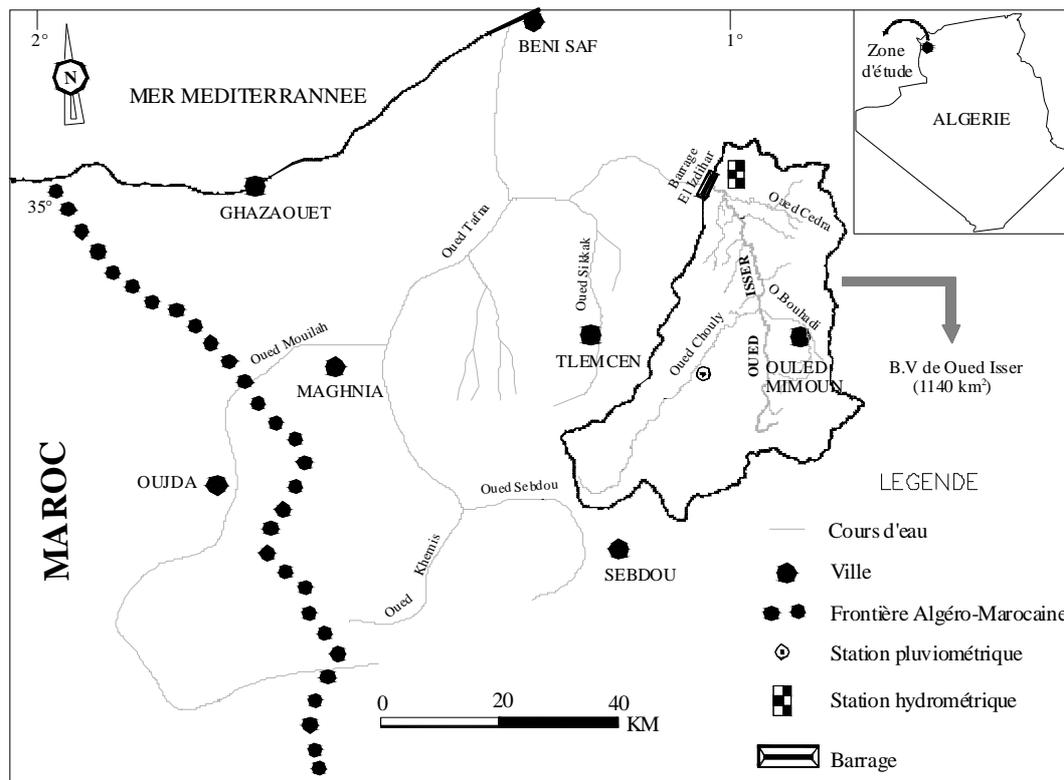


Figure 1. Situation du bassin versant de l'Oued Isser

Le climat de la région est semi-aride de type Méditerranéen. Marquées par une irrégularité annuelle et inter-annuelle, les précipitations varient de 218 à 777 mm avec un coefficient de variation de 28% (période 1943-44 à 2009-10). Elles se répartissent entre l'hiver et le printemps (70% de la pluviométrie annuelle) et sont souvent dues aux orages générant des pluies convectives très intenses (Megnounif et al, 2003).

Données et protocole de mesure

Les valeurs des débits moyens journaliers Q_j ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), des débits Q_i instantanés ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) ainsi que les concentrations de la charge en suspension correspondantes C_i ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) relatives à la

période allant de septembre 1988 à août 2004 ont été mesurées et fournies par les services de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H). Elles ont été relevées à la station hydrométrique de Sidi Aïssa (latitude : 35°02'13"N ; longitude : 01°03'25"W ; altitude : 380 m). Celle-ci est située à environ 9 km à l'amont du barrage.

Les valeurs des couples "débits (Q_i) - concentrations de la charge en suspension (C_i)" utilisées dans cette étude sont au nombre de 2026 et couvrent 31% des jours entre 1988-89 et 2003-04. La méthode traditionnelle de mesure des débits est basée sur l'utilisation de la courbe de tarage régulièrement contrôlée et actualisée qui permet de transformer les hauteurs d'eau lues sur une échelle limnimétrique ou obtenues du dépouillement des enregistrements d'un limnigraphe à flotteur. Quant à la concentration, à chaque lecture de hauteur d'eau, on prélève un échantillon d'eau turbide sur la rive à la surface de l'oued au moyen d'un flacon de 50 cl. Les sédiments filtrés sur papier filtre de type Whatman GF/F (0,45 m) sont ensuite séchés et pesés. Ramenée à l'unité de volume (1litre), cette charge est attribuée à la concentration en suspension véhiculée par le cours d'eau en $g.l^{-1}$. Ce protocole de mesure est identique pour l'ensemble des cours d'eau Algériens (Bourouba, 1998 ; Megnounif et al, 2003 ; Achite et Ouillon, 2007).

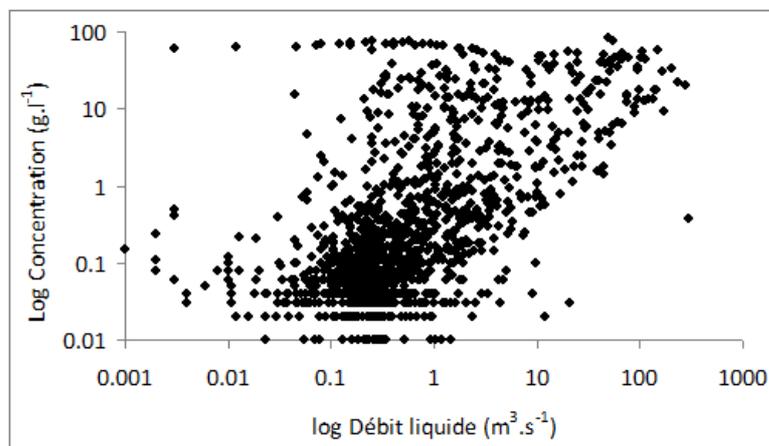


Figure 2. Relation entre la concentration des sédiments en suspension et le débit liquide dans le bassin versant de l'Oued Isser (1988-89 à 2003-04)

Evaluation des apports liquides et solides :

L'apport solide moyen pour la période entre les temps t_i et t_{i+1} est donné par la relation :

$$As_i = \frac{1}{2} (Q_i C_i + Q_{i+1} C_{i+1}) (t_{i+1} - t_i)$$

La somme arithmétique des apports solides élémentaires pendant une période donnée (mois, saison, année et crue) donnera l'apport solide de cette période.

De même l'apport liquide correspondant est donné par la relation :

$$Al_i = \sum_0^i \frac{1}{2} (Q_i + Q_{i+1})(t_{i+1} - t_i).$$

D'après les calculs on constate que le bassin versant d'Isser est soumis à une dégradation spécifique de près de 77 tonne/km²/an, une lame d'eau moyenne précipitée de 389 mm correspondant à une lame écoulee de 10.66 mm. Elle véhicule un apport solide moyen de 0.087 millions de tonnes relatif à une concentration moyenne de 7.2 g/l. Les apports liquide et solide totaux estimés pour les 16 années de mesure sont respectivement de 194.37 millions de m³ et 1.4 millions de tonne. La répartition annuelle des apports liquide et solide sont illustrés par la figure.3 qui reflète une variabilité importante.

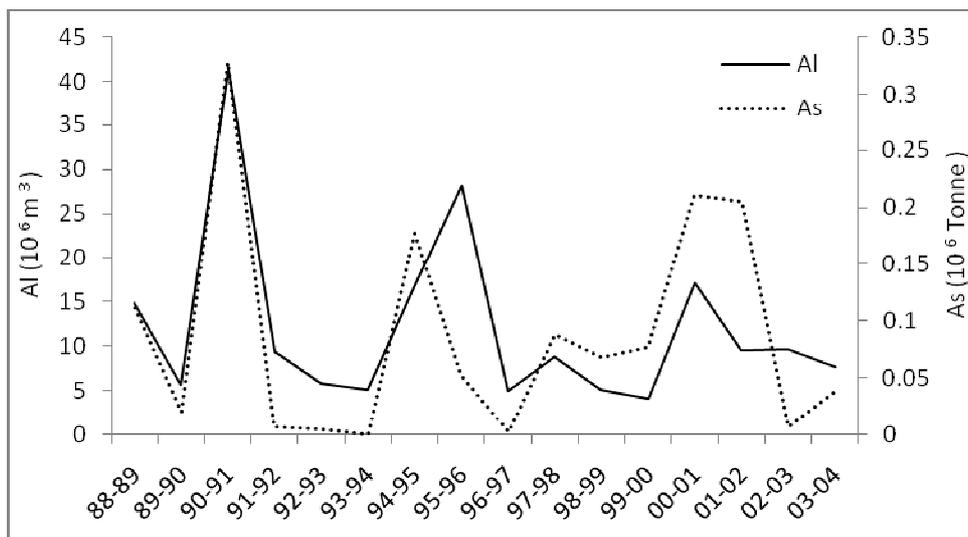


Figure.3. Variation inter annuelle des apports liquides et solides au niveau du sous bassin versant de l'Isser.

La répartition saisonnière des apports liquides et solides est illustrée par la figure.4 qui marque l'importance de l'apport liquide au printemps qui dépasse celui apporté pendant les trois autres saisons rassemblés, alors que son apport solide quoiqu'il est important reste inférieur à celui apporté en automne une saison qui se caractérise par l'agressivité des pluies d'une part et le faible couvert végétal de la saison qui la précède (été) qui favorise la destruction des agrégats du sol. Tandis que l'hiver malgré qu'il engendre un apport liquide plus important que l'automne lui aussi n'intervient que par 11.72 % sur l'apport solide puisqu'il succède une saison de forte érosion. L'apport solide en été est insignifiant du fait un faible apport liquide et une rareté des crues durant la période d'étude.

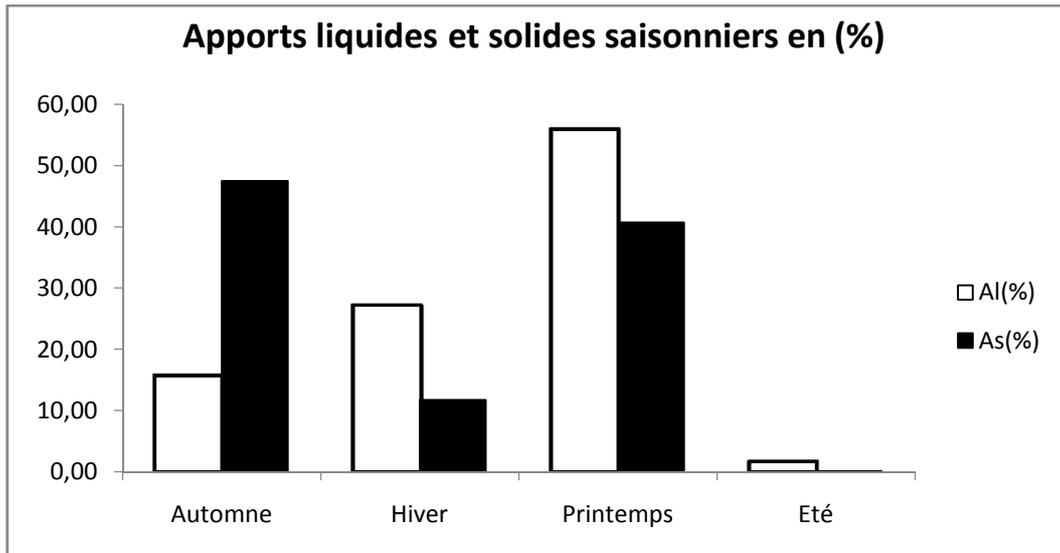


Figure.4. La part saisonnière en pourcentage des apports liquides et solides au niveau du sous bassin versant de l'Isser.

Bibliographie

- Achite M, Ouillon S. 2007.** *Suspended sediment transport in a semiarid watershed, Wadi Abd, Algeria (1973-1995).* Journal of hydrology, 343: 187-202.
- Bourouba M. 2002.** *Comparaison de la charge solide en suspension dans les oueds Algériens: Essai de synthèse.* Bulletin réseau Erosion 21, IRD Montpellier (France), 358-374
- Megnounif A, Terfous A, Bouanani A. 2003.** *Production et transport des matières en suspension dans le bassin versant de la Haute-Tafna (Nord-Ouest Algérien).* Revue des sciences de l'eau, 16 (3): 369-380.

ESTIMATIONS DES BESOINS EN EAU DES CULTURES DANS LA REGION DE TOUGGOURT ET DETERMINATION DE LEUR QUALITE PAR METHODE STATISTIQUE

Sameh Habes¹, L. Dajbri², B. Bouguennour³ et H. Benattalah³

1 : Laboratoire REDD, Université Kasdi Merbah Ouargla

2 : Laboratoire REDD, Université Badji Mokhtar Annaba

3 : Université Kasdi Merbah Ouargla

Résumé :

La ville de Touggourt est reconnue par sa richesse en ressources hydriques. Ces ressources sont représentées par deux systèmes aquifères importants, qui sont: le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire.

Le problème que rencontre cette région est la qualité des eaux, puisque elles sont très minéralisées et cela est engendré par la lithologie du réservoir.

Les formations géologiques dans la région d'étude sont en majeure partie d'âge quaternaire et résultent de l'érosion continentale des dépôts Miopléocènes.

Le climat de cette région est du type hyper aride et caractérisé par des températures très élevées de l'ordre de 21,62°C en moyenne annuelle et 33,4°C au mois le plus chaud, ce qui explique la forte évaporation et des précipitations très faibles à rare.

L'objectif de notre étude, est de montrer que les ressources en eau à Touggourt sont assez suffisantes pour les besoins des cultures, et surtout pour la phœniciculture en particulier. Après évaluation des ressources et d'après les informations tirées de l'ANRH, les oasis sont irriguées d'une façon régulière et suffisante.

Et selon le deuxième volet de notre étude, qui est l'aspect qualitatif de ces eaux, on a utilisé différentes méthodes pour y arriver, à savoir : Piper, ACP, Indice de saturation.

Il s'est avéré que les eaux de la nappe du Complexe Terminal appartiennent, dans l'ensemble, à la famille des eaux chlorurées et sulfatées calciques et magnésiennes. Ces faciès sont liés à la nature lithologique du réservoir. Ce qui a été confirmé par les autres méthodes. Donc, cette minéralisation des eaux du CT est naturelle et non anthropique avec des valeurs de CE très élevées de l'ordre de : 2200us/cm et pouvant atteindre les 13381 us/cm.

Étant donné que les palmiers dattiers sont des végétaux tolérant les sels, nous avons déterminé le rapport d'absorption de sodium « SAR » et en le combinant avec la conductivité électrique nous avons réalisé le diagramme de Wilcox. D'après, le diagramme, les eaux sont de mauvaise qualité, fortement minéralisées, qui ne peuvent convenir qu'à des espèces bien tolérantes aux sels et sur des sols bien drainés et lessivés.

Mots clés : CT, CI, qualité des eaux, phœniciculture

Key Word: CT, CI, Water quality, palm cultivation

MULTI-STEP AHEAD FORECASTING OF DISSOLVED OXYGEN CONCENTRATION (DO) IN RIVER ECOSYSTEM USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) BASED APPROACH: A CASE STUDY.

HEDDAM Salim^{*1}.LADLANI Ibtissem².HOUICHI Larbi³.DJEMILI Lakhdar⁴.

^{*1}Maître de conférences (MCA), Faculté des Science, Département des Sciences Agronomiques, Section Hydraulique Agricole, Université 20 Août 1955, Route EL HADAIK, BP 26, SKIKDA, Algérie.

E-mail: heddamsalim@yahoo.fr. TEL: 06 61 74 51 22.

²Doctorant(e) en Sciences, Université Badji Mokhtar Annaba, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Département d'Hydraulique. E-mail: ladlaniibtissem@yahoo.fr

³Professeur (Pr.). Institut d'Architecture de Génie Civil et d'Hydraulique, Université Hadj Lakhdar - Batna.

E-mail: houchilarbi@yahoo.fr

⁴Professeur (Pr.), Université Badji Mokhtar Annaba, Faculté des Sciences de l'Ingénieur, Département d'Hydraulique. E-mail: l_djemili@hotmail.com

Abstract

Although modelling dissolved oxygen concentration has been broadly discussed in the literature and many paper have reported the use of different technique, few paper have addressed the capabilities of artificial neural network for forecasting dissolved oxygen concentration. This paper will describe a new and efficient method capable of forecasting multi-step ahead dissolved oxygen concentration (DO) based on artificial neural network techniques (ANN). The proposed method requires as input only past DO measurements, at hourly time step, namely DO (t), DO ($t-1$) DO ($t-2$) DO ($t-3$) DO ($t-4$) and DO ($t-5$). The output of the proposed model is the DO concentration at different levels in advance (ahead) , 1-hour, 24-hours, 48-hours, 72-hours ...etc. The results obtained using artificial neural networks are compared with multiple linear regression (MLR) method. This study demonstrates that ANN method investigated herein outperforms the MLR technique for DO modelling. The proposed method is suitable for operational planning and management of Rivers ecosystems.

Keyword

Forecasting, Dissolved Oxygen, Artificial Neural Network
Prévision, L'oxygène dissous, Réseaux de Neurones Artificiel

1. Introduction

Dissolved oxygen (DO) plays an important role in the determination of the water quality. DO levels indicates how well the water is aerated and it is a commonly measured parameter because it is an immediate indicator; inadequate oxygen levels will quickly affect aquatic life and will be threatening vitality for all aquatic life (Singaraja et al. 2011). The rapid development of numerical models provides a large number of models to be used in

engineering problems or environmental problems. Up to now, a variety of water quality models are available and the techniques become quite mature (Chau 2006). The main objective of developing DO model is to make projections for lakes with different morphometries and tropics levels, at different latitudes and altitudes, and to extrapolate to possible future climate scenarios (Stefan and fang 1994). During the last few decades, many authors have carried out modeling work on DO concentration in different ecosystems. Although modelling dissolved oxygen concentration has been broadly discussed in the literature and many paper have reported the use of different technique (Heddiam 2014a, 2014b, 2014c), few paper have addressed the capabilities of artificial neural network (ANN) for forecasting DO concentration.

In this study we investigated the capabilities of a particular type of ANN, namely Multi-layer perceptron neural networks (MLPNN), for forecasting DO concentration. The proposed method requires as input only past DO measurements, at hourly time step, namely DO (t), DO ($t-1$) DO ($t-2$) DO ($t-3$) DO ($t-4$) and DO ($t-5$). The output of the proposed model is the DO concentration at different levels in advance (ahead), 1-hour, 24-hours, 48-hours, 72-hours. The results obtained using artificial neural networks are compared with multiple linear regression (MLR) method. The performances of the models are examined with the form of numerical and graphical comparisons in addition to some statistic efficiency criteria, such as, root mean square errors (RMSE), mean absolute error (MAE) and correlation coefficient (CC) statistics.

2. Methods

2.1. Artificial neural networks (ANN)

Artificial neural networks (ANN) are an information-processing system that can emulate certain performance characteristics of the biological functions of the human brain. ANN is characterized by its pattern of connections between the neurons (architecture), its method of determining the weights on the connections (training or learning algorithm), and its activation function. ANN is composed of a number of processing elements, which come together within the frame of particular rules which are called neurons or nodes whose functionality is loosely based on biological neurons. These neurons are organized in layers that process the input information and pass it to the following layer. The processing ability of the network is stored in the inter unit connection strengths (or weights) that are obtained through a process of

adaptation to a set of training pattern (Haykin 1999). Although there are several types of neural networks, the most popular neural network architecture currently used in prediction and regression tasks is the MLPNN topology (Haykin 1999). In this study, the most MLPNN was employed, as illustrated in Fig.1. Input variables are processed through successive layers of neurons. There is always an input layer, with a number of neurons equal to the number of variables of the problem (in this study the six previous observed DO concentration), and an output layer, where the response is made available, with a number of neurons equal to the desired number of quantities (in this study DO at 1-hours ahead to 72-hours ahead) computed from the inputs. Layers between the input and output layers are called hidden layers and may contain a large number of hidden processing units.

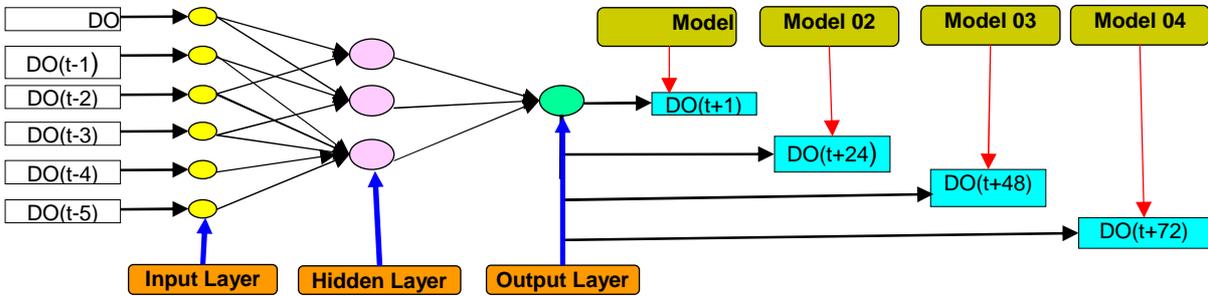


Figure 1. Structure of the proposed MLPNN model used for forecasting DO concentration

2.2. Multiple linear regressions

MLR is a method used to model the linear relationship between a dependent variable (Y) and one or more independent variables (xi). It is based on least squares; the model is fit such that the sum-of-squares of differences of observed and predicted values is minimized.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \dots + \beta_n x_n \tag{01}$$

Where β_0 is a constant and $\beta_i, i = 1 \dots n$ are regression coefficients. In this study, the coefficients $\beta_0, \beta_1, \beta_2 \dots \beta_n$ were determined using least squares method (LSM).

3. Study Area and Data Collection

The two models MLPNN and MLR were developed and tested using hourly experimental data collected from the United States Geological Survey (USGS Station No: 420615121533600 ,latitude 42° 06' 15", longitude - 121° 53' 36") station at Klamath River at site KRS12a nr

Rock Quarry, Oregon, USA. Information on the USGS database is available at: <http://water.usgs.gov>. The water quality variable used in this study consisted of hourly measured of dissolved oxygen (DO mg/l). The dataset selected had a total 2944 patterns. The 2944 hourly samples of six input variables (DO (t), DO (t-1), DO (t-2), DO (t-3), DO (t-4) and DO (t-5)) and one output variable, according to the step ahead (DO (t+1), DO (t+24), DO (t+48) and DO (t+72)). In the present study four models were developed and compared. The four models are the one hour step ahead forecast model (DO (t+1)); the 24 hours step ahead forecast model (DO (t+24)); the 48 hours step ahead forecast model (DO (t+48)) and the 72 hours step ahead forecast model (DO (t+72)). Among the 2944 hourly sample, 1768 input-output pairs (60 % of the total), randomly chosen from the data sequence, were used in the training set, 588 input-output pairs (20 % of the total), were used in the validation set and the remaining 588 days (20 % of the total) of the available data set were reserved for testing the developed models.

4. Results and discussions

In the present study we have implemented and compared two types of models for forecasting DO concentration, namely MLPNN and MLR at multilevel step ahead, 1- hours, 24-hours, 48-hours and 72-hours in advance. The evaluation statistics for each models tested are presented in **Table 1**. To assess the fitting and predictive accuracy of the models, the data-sets were mathematically evaluated by calculating the following evaluation criteria: the correlation coefficient (CC), root-mean-squared error (RMSE) and mean absolute error (MAE). **Table 1** show that the MLPNN performed better during training, validation, and testing, and it outperforms MLR in terms of all the standard statistical measures. Also, regarding the results reported in **Table 1**, we can conclude that as the step ahead increase the performance of the models decrease, the best results are obtained at one hours ahead followed by 24-hours ahead. The scatterplots of observed versus calculated values of DO concentration of the MLPNN and MLR analysed herein are shown in **Figure 2 and 3** in the testing phase. It can be seen from these figures that, the MLPNN models are closer to the exact fit line than those of the MLR. The figures nicely demonstrate that (1) the models performances are, in general, accurate and (2) the MLPNN model is consistently superior to MLR.

Table 1. Performances of the two models MLPNN and MLR in different phases, 1 denoted 1-hour ahead, 2 denoted 24-hours, 3 denoted 48 -hours and 4 denoted 72 -hours ahead.

Model	Training			Validation			Testing		
	MAE	RMS E	CC	MAE	RMS E	CC	MAE	RMSE	CC
MLPNN1	0.321	0.634	0.980	0.324	0.636	0.980	0.347	0.668	0.977
MLPNN2	0.776	1.235	0.923	0.797	1.336	0.909	0.845	1.451	0.888
MLPNN3	1.148	1.680	0.852	1.183	1.743	0.843	1.209	1.775	0.831
MLPNN4	1.266	1.811	0.830	1.312	1.874	0.812	1.387	2.036	0.762
MLR1	0.331	0.710	0.975	0.307	0.644	0.979	0.330	0.661	0.977
MLR2	0.904	1.453	0.891	0.856	1.402	0.901	0.844	1.405	0.895
MLR3	1.347	1.944	0.795	1.297	1.849	0.820	1.233	1.804	0.827
MLR4	1.629	2.255	0.718	1.598	2.198	0.730	1.528	2.104	0.735

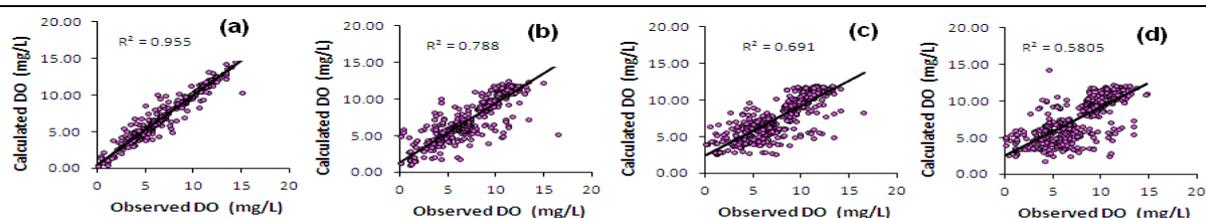


Figure 2. Résultats obtenus using MLPNN models in the testing phase for the four models investigated : (a) 1-hours , (b) 24-hours ,(c) 48-hours and (d) 72-hours ahead.

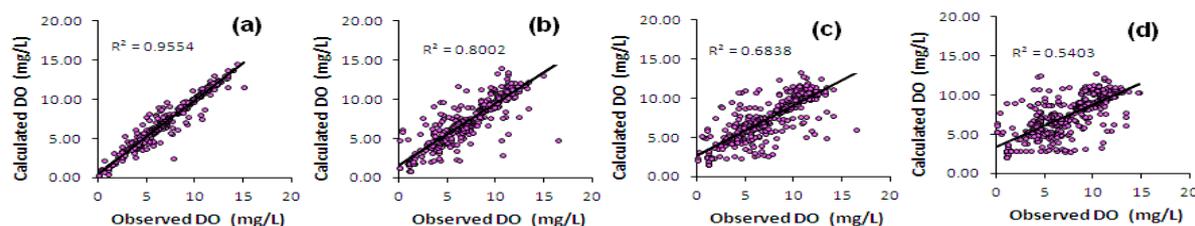


Figure 3. Résultats obtenus using MLR models in the testing phase for the four models investigated : (a) 1-hours , (b) 24-hours ,(c) 48-hours and (d) 72-hours ahead.

Conclusion

The present investigation demonstrated that among the two developed models, the best forecasting results are observed for the MLPNN with six inputs. DO was predicted with high accuracy of approximately 97.7% for one hours step ahead and 76.2% for 72 hours step ahead. Based on the above comparison between two types of models, it is possible to claim that MLPNN is fairly promising approach compared to MLR. It has been concluded that MLPNN could be used as a powerful and simple alternative technique for forecasting DO concentration on in river.

References

- Chau, K. W. (2006). A review on integration of artificial intelligence into water quality modelling. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 726-733.
- Haykin S (1999). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Heddam S. (2014a). Generalized Regression Neural Network (GRNN) based Approach for Modelling Hourly Dissolved Oxygen Concentration in the Upper Klamath River, Oregon, USA. *Environmental Technology* Vol. 35-13, 1650-1657.
- Heddam S. (2014b). Modelling Hourly Dissolved Oxygen Concentration (DO) Using Two Different Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS): A Comparative Study. *Environ Monit Assess* 186: 597-619.
- Heddam S. (2014c). Modelling Hourly Dissolved Oxygen Concentration (DO) Using Dynamic Evolving Neural-Fuzzy Inference System (DENFIS) Based Approach: Case Study of Klamath River at Miller Island Boat Ramp, Oregon, USA. *Environmental Science and Pollution Research* 21:9212-9227.
- Singaraja, C., Chidambaram, S., Prasanna, M. V., Paramaguru, P., Johnsonbabu, G., Thivya, C., et al. (2011). A study on the behavior of the dissolved oxygen in the shallow coastal wells of Cuddalore District, Tamilnadu, India. *Water Quality Exposure Health*.
- Stefan, H. G., Fang, X. (1994). Dissolved oxygen model for regional lake analysis. *Ecol Modelling*, 71, 37-68.

LES SOURCES DE SÉRAÏDI - NOTE SYNTHÉTIQUE SUR LES DONNÉES ACQUISES

Laroussi Beloulou 1 et Kaoula Lahmar 2

1 Laboratoire Ressources en Eau et Aménagement, Université Bdji Mokhtar, Annaba.
lbeloulou@gmail.com

2 Master 2, Laboratoire Ressources en Eau et Développement Durable, Université Bdji Mokhtar, Annaba
Khaoulalahmer@yahoo.fr

1. Objectif

Tout au long de l'histoire, les sources ont eu un attrait spécial et important. Elles fournissent non seulement un apport d'eau potable, récréative ou de valeurs culturelles, mais elles sont aussi un moyen d'évaluer la qualité et l'origine de l'eau souterraine. Cette note est une contribution à l'état des connaissances sur la variabilité spatiale et temporelle des caractéristiques quantitatives et qualitatives des eaux d'une dizaine de sources du massif cristallophyllien de l'Edough situées le long de l'axe Séraïdi-Bouzizi-Ain Barbar (Fig. 1). Cette zone forestière et humide du Nord Est de l'Algérie est très arrosée. L'interaction des facteurs topographiques (pentes fortes et raides), hydroclimatiques (pluies intenses) et géologiques (socle cristallophyllien fracturé) a permis la mise en place d'un système aquifère peu profond alimenté par des pluies abondantes (1140 mm/an) et drainé par de nombreuses sources de différentes magnitudes.

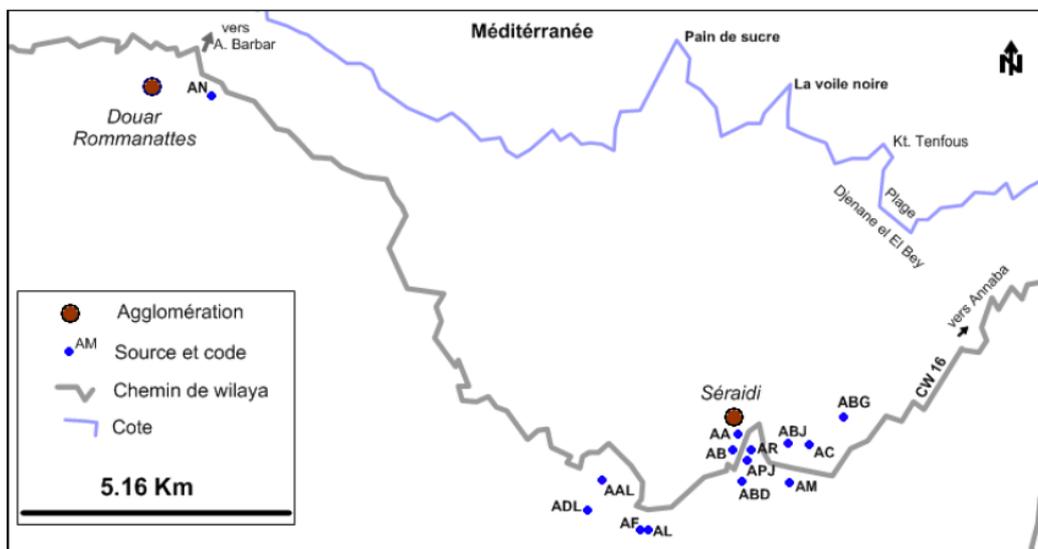


Fig. 1. Carte de localisation des sources répertoriées

2. Mesure et variabilité du débit, réserves régulatrices

Compte tenu des apports instantanés plus ou moins faibles, le débit des sources est estimé par empotement. Du point de vue débitométrique, ces dernières sont de faible magnitude. Sur

l'échelle de Meinzer, plus de 80 % des sources jaugées sont de magnitude supérieure ou égale à 6; le débit étant inférieur à 1 l/s. Seules Ain Nechaa et Ain Chifa, débit moyen relativement plus grand Q_{10} sont de magnitude 5 (Tableau ci-dessous).

Tableau 1. Variabilité des débits des sources en hautes eaux (débit en m³/j)

Nom de la source	Code	Q _{min}	Q _{moy}	Q _{max}	Magnitude	Q _{max} /Q _{min}	Fréquence
Ain Benjaballah	AB	9,09	15,88	32	6	3,52	14
Ain Achour	AA	2,56	9,44	13,8	6	5,38	9
Ain Bouhadada	ABD	7,20	19,92	27,6	6	3,83	14
Ain Boumendjel	ABJ	5,55	36,95	72,7	6	13,11	12
Ain Nechaa	AN	4,08	111,24	223,6	5	54,86	7
Ain Chifa	AC	18,70	100,74	162,1	5	8,67	12
Ain Dar Lahmame	ADL	2,20	47,65	71,6	6	32,60	11
Ain Mouhkim	AM	16,43	21,04	36,3	6	2,21	11
Ain El Rahma	AR	1,80	15,37	25,7	6	14,28	13
Ain Parc au Jeux	APJ	2,11	9,30	13,1	6	6,22	10

La synthèse des données collectées montre une variabilité moyenne à forte des apports en eau pour la majorité des sources. Néanmoins, Ain Nechaa, Ain Dar Lahmame, Ain Rahma et Ain Boumendjel, se démarquent par des fluctuations plus fortes, le rapport des extrêmes varie de 13 à 55. Seules, Ain Benjaballah, Ain Bouhadada et Ain Mouhkim se déversent de façon plus ou moins régulière ; le rapport des extrêmes variant de 2 à 4. De plus, la variabilité spatiale est très marquée; les débits moyens passent de 9 m³/j à Ain Parc aux Jeux à 111 m³/j à Ain Nechaa. Les gros débits sont observés au niveau de Ain Boumendjel (37 m³/j), Ain Dar Lahmame (48 m³/j), Ain Chifa (100 m³/j) et Ain Nechaa (111 m³/j). Pour certaines sources, l'évolution temporelle des débits a été suivie à l'échelle horaire le 11 et le 12 Mai 2014. Les résultats du jaugeage montrent qu'à l'exception de Ain Dar Lahmame où l'on observe une chute remarquable du débit dans l'après midi (de 48 m³/j à 10 :00 à 14 m³/j à 15 :00), les sources débitent de façon régulière au cours de la journée. Cette chute est probablement due à un pompage au niveau du captage où on a pu observer des équipements de pompage. L'étude du tarissement des sources permet de prévoir les réserves d'eau contenues dans le réservoir encaissant. Les seules données accessibles remontent à une campagne de mesure effectuée au cours de l'été 1991 et concernent quelques points d'émergence seulement (Alemet al. 1992). Les sources dont les données peuvent être réinterprétées sont reprises dans cette étude afin de se fixer une idée sur les réserves d'eau exploitables en adoptant le

modèle exponentiel décroissant de Maillet dont les paramètres sont déterminés par régression simple intégrée au logiciel STATGRAPHICS Centurion XV. Les valeurs prévues (Q_{40j} et S_{40j}) par le modèle ainsi que les limites de prévision à 95 % ($Q_{40j-LP95\%}$ et $S_{40j-LP95\%}$) ont été calculées pour une durée de 40 jours marquant la fin de la période d'étiage. Les résultats des calculs sont donnés au tableau 2. Ces derniers font ressortir que les sources de Séraïdi se déversent de façon plus ou moins pérenne (coefficient de tarissement très faible). Bien qu'elles soient de faible débit, elles assurent les besoins en eau des populations locales et celles en quête d'une eau fraîche.

Tableau 2. Récapitulatif des résultats du modèle de Maillet (Q en m³/j ; S en m³ et α en j⁻¹)

Source	Benjaballah	Achour	Bouhaddada	Boumendjel	Fadda	Mouhkim	El Rahma
Q_0	28,74	6,54	11,36	22,98	7,41	20,66	5,66
α (j ⁻¹)	0,01	0,007	0,006	0,012	0,03	0,004	0,007
Q_{40j}	19,24	4,94	8,77	14	2,22	17,66	4,33
$Q_{40j-LP95\%}$	18.16-20.40	4.47-5.47	8.26-9.32	13.08-14.98	1.85-2.67	15.96-19.53	3.64-5.15
S_{40j}	1924	705,84	1490	1185	74,44	4402	610,85
$S_{40j-LP95\%}$	1816-2040	639-781	1377-1553	1090-1248	61.66-89	3990-4882.5	520-736

3. Caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux des sources

Les principaux ions contenus dans les eaux (éléments majeurs) et qui caractérisent l'analyse chimique ne sont pas dosés simultanément, ce qui rend difficile l'étude de l'évolution temporelle et spatiales des faciès chimiques des eaux des sources de Séraïdi. Malgré les difficultés rencontrées au niveau des résultats analytiques (lacunes), les données collectées du 4 Janvier au 12 Mai 2014 au pas de la semaine, recoupées avec les résultats issus d'anciens travaux ont permis d'esquisser un tableau relativement cohérent sur l'état des connaissances sur la minéralisation des eaux de ce complexe hydrogéologique. Les analyses de 1991 ont donné des eaux en majorité bicarbonatées sodiques en hautes eaux et chlorurées magnésienne en basses eaux (Alem et al., 1991). Les facteurs géologiques jouent un rôle prépondérant dans l'acquisition de la chimie des eaux et les processus impliqués sont la dissolution et le lessivage en hautes eaux et la concentration en étiages. Les concentrations en éléments majeurs sont, en général, conformes aux normes de potabilité établies pour l'Algérie. Il est possible que des valeurs plus fortes existent, mais en tout état de cause ce seraient plutôt des exceptions, et liées à des pollutions anthropiques suite à une augmentation de la population et l'envahissement des champs captant par des habitats précaires à partir des années

90.L'augmentation des teneurs des éléments indicateurs de pollution ; composés azotés (Tableau3) et éléments en traces ; d'une part, et la manifestation plus ou moins fréquente de bactériespathogènes (tableau 4), d'autre part, plaident pour une contamination des eaux de certainesources. De ce fait, des campagnes de surveillance et de sensibilisation des usagers de l'eau sont fortement recommandées.

Tableau 3. Influence des activités humaines et impact sur la santé de différents niveaux de nitrates dans l'eau (Madison et Brunett, 1985)

Concentration de nitrates dans l'eau potable (mg-N/l)	< 0,2	0,21 – 3,0	3,1 – 10	> 10
Concentration de nitrates dans l'eau potable (mg-NO ₃ /l)	< 1	1.0 – 13.3	13.3 – 44.3	> 44.3
Influence des activités humaines	Non	Possible mais impact mineur	Certaine mais avec impact modéré	Certaine avec impact majeur
Impact sur la santé	Non	Non	Non démontré	Possible
<i>Analyses : Juin 2005-Mai 2006 - valeurs moyennes (Majour, 2010)</i>				
Source (s)	AL	ABJ, AM, AA, AR, ABD, AC	Aucune	Aucune
<i>Analyses : 2001 et 2014 (Laboratoire central de la SEATA)</i>				
Source (s)	Aucune	ABD, AN, AC	AB, ABD, ABJ, AC, ADL, AM, AL, AR	AB, ABJ, AN, AC, ADL, AM, AR

Tableau 4. Dépouillement des fiches d'analyses bactériologiques (unité: UFC/100 ml)

Date	14/04/2014					22/04/2014				05/05/2014				Observation
	CT	CF	SF	CL	GT C	CT	CF	SF	CL	CT	CF	SF	GT C	
Ain chifa	0	0	0	0	100	4	4	0	0	28	0	9	35	Contaminée
Ain Boumendjel	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ain Mouhkim	0	0	4	0	18	0	0	0	0	7	0	0	1	
Ain Bouhaddada	0	0	0	0	20	3	0	0	1	0	0	0	4	Contaminée
Ain El Rahma	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	37	
Ain benjaballah	0	0	0	0	18	9	0	0	0	0	0	0	8	
Ain Nechaa	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	8	
Ain Dar Lahmeme	-	-	-	-	-	4	0	0	4	3	0	0	31	Contaminée

CT: coliformes totaux; CF: coliformes fécaux; SF: streptocoques fécaux; CL: clostridium; GT: germes totaux (à 37°C)

4. Conclusions et recommandations

Les sources étudiées, réparties suivant un axe d'orientation NE-SO et NO-SE constituent les principaux déversoirs des eaux de pluies, d'ailleurs très abondantes, infiltrées dans l'aquifèrephréatique peu profond et fortement fissuré. Quoique de faible débit, notamment en période d'étiage, ces déversements constituent une source d'alimentation en eau non négligeable etsurtout pérenne pour les populations locales. Bien qu'elles soient de bonne

qualité en terme de minéralisation globale, les eaux souterraines sont peu profondes et très donc vulnérables à la pollution d'origine anthropique (présence des nitrates, des nitrites, des ortho phosphates, nickel). Plus grave encore, les analyses microbiologiques montrent bien la présence de coliformes fécaux (*Escherichia coli*), de *Clostridium*s et des coliformes totaux dans les eaux. La présence de ces microorganismes dans les eaux de certaines sources montre que celles-ci sont exposées à une pollution microbiologique fécale d'origine humaine et/ou animale. Cette pollution, devenue fréquente dans de nombreuses sources, constitue un risque sanitaire pour les populations locales et celles en quête d'une eau supposée fraîche et de haute qualité.

Devant cette situation, il est impérativement recommandé d'équiper les laboratoires chargés de la protection de l'environnement de matériel adéquat afin de faire des suivis réguliers pour mieux comprendre l'origine des phénomènes et protéger la population qui continue à se servir des eaux des sources sans aucun souci..

5. Liste des références

Alem D., Benyoucef A. et Cheikh B.S. (1991), Contribution à l'étude hydrogéologique et hydrochimique du massif de l'Edough. Exemple: Sources de la région de Séraïdi, Mémoire de fin d'études, Département de géologie, Université Badji Mokhtar, Annaba, 114 p.

Madison, R. J. et Brunett, J. D. (1985), Overview of the occurrences of nitrate in groundwater of the United States. US Geological Survey, *Water Supply Paper*, 2275, 93-105.

Majour H. (2010), Qualité des eaux du massif de l'Edough et de son piedmont sud « Berrahal »: Apport des éléments majeurs et traces dans l'identification d'une pollution industrielle (Massif de l'Edough et Plaine de Berrahal), Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 150 p

ORIGINE DE LA SALINITE ET MODELISATION THERMODYNAMIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DES AQUIFERES DE KHENCHELA

BOUMAIZA Imene¹, HOUHA Belgacem², BOUGANDOURA Zakaria³, BOUMAIZA Sarah⁴

¹Université ABBAS LAGHROUR-Khenchela, ²Université ABBAS LAGHROUR-Khenchela

³Université LARBI BEN MEHEDI - Oum El-bouaghi, ⁴Université LHADJ LAKHDER - Batna

E-mail : imene.boumaiza@gmail.com

Résumé

L'hydrochimie de la zone semi-aride endoréique est marquée par des phénomènes de concentration de solutions et la salinisation, sous l'influence de l'évaporation ; Dans ce contexte, les autres mécanismes responsables de l'acquisition de la qualité chimique d'eau sont masqués par le facteur de concentration

La qualité de l'eau évolue avec les saisons et d'une région géographique à l'autre, même en absence de pollution. La chimie fondamentale des eaux superficielles et souterraines est déterminée par le sol, les formations géologiques. A ces conditions fondamentales s'ajoutent les substances introduites à la suite d'une activité humaine

L'eau de la pluie est légèrement acide du fait de sa teneur en CO₂ dissout. Au cours de son infiltration dans le sol et le sous-sol, elle se charge en ions et acquiert des propriétés physiques et chimiques qui caractérisent l'eau de la nappe qu'elle forme. Les eaux souterraines sont plus au moins minéralisées en fonction :

- ❖ de la nature des roches traversées et des minéraux rencontrés au cours de l'infiltration.
- ❖ du temps de contact de l'eau avec les minéraux, donc de la vitesse de percolation de l'eau dans le sous-sol.
- ❖ du temps de renouvellement de l'eau de la nappe par l'eau de l'infiltration.

Toute fois l'aridité du climat et ses conséquences hydrologiques sont un facteur fondamental de la formation des eaux salées , cette aridité se manifeste par des précipitations très faibles (100-300 mm/an) et une forte évaporation potentielle (800-1400 mm.an⁻¹). Elle favorise l'évaporation à la surface du sol et dans les premiers horizons ; Il s'ensuit une salinisation progressive , lors des périodes pluvieuses les sels de la zone non saturée seront entraînés par la suite vers l'aquifère par infiltration percolation

Le gradient hydraulique et la profondeur de la nappe, favorisent la concentration par évaporation (nappe phréatique) des sels minéraux.

Les dépressions salées se trouvent généralement dans le domaine du semi- aride Ces dernières se caractérisent par des cuvettes de déflation éolienne. L'origine des sels qui

affectent les sols peut être géologique, et anthropique (irrigation). L'effet des sels sur les sols est nocif, parfois dévastateur quand les quantités déposées dépassent le seuil toléré. Ils affectent principalement les capacités physiques du sol en diminuant sa perméabilité et en rendant l'eau indisponible pour les plantes.

L'hydrochimie d'une zone semi-aride endoréique est marquée par des phénomènes de concentration des solutions et la salinisation, sous l'influence de l'évaporation.

L'objectif du projet est d'étudier la minéralisation des eaux souterraines dans un bassin endoréique ; Afin de mettre en évidence les processus qui sont à l'origine de la salinité des eaux et affectent ainsi leurs qualité et, enfin, de les hiérarchiser à l'aide d'une modélisation thermodynamique afin de déterminer l'origine de la salinité des eaux d'un bassin endoréique soumis à des périodes de sécheresse prolongées qui est matérialisé par une forte évaporation des eaux et aussi à une pollution anthropiques.

L'hydrochimie des zones semi-arides endoréiques est marquée par les phénomènes de concentration des solutions et de salinisation sous l'influence de l'évaporation. Dans ce contexte les mécanismes responsables de la variation et de l'acquisition de la qualité chimique des eaux sont souvent nombreux et complexes : apports météoriques (pluie et évaporation), l'acquisition des éléments chimiques par dissolution ou l'altération des minéraux de l'aquifère, lixiviation de solutés, les échanges de cations et par processus biogéochimiques. Apprécier la diversité des mécanismes responsables des variations hydrochimique d'une région aride nécessite l'identification de la concentration de chaque élément chimique par rapport à la minéralité globale des eaux.

Le présent travail effectué sur les aquifères Plio-Quaternaire de bassin de Bagaga limité entre Oued Boufreiss et Oued Baghai, a mis en évidence la diversité des facteurs intervenant dans la caractérisation et l'évolution d'un tel système. Les approches utilisées pour la caractérisation de ce système aquifère multicouche est complexe sont la géologie, l'hydroclimatologie, l'hydrochimie et enfin la modélisation thermodynamique. La géologie se présente par des formations alluvionnaires constituant le remplissage plio-quaternaire de la plaine, c'est un système aquifère multicouche avec une nappe profonde à la base constituée de conglomérats et de graviers surmontée par des sables et graviers qui constituent la nappe superficielle, le tout est bordé, au nord, par des affleurements carbonatés du crétacé supérieur surmontés vers l'ouest par des grès Miocène.

Ainsi que les accidents tectoniques et leur rôle dans la contamination des aquifères superficiel et profond par la salinité, que la salinité est liée généralement au lessivage des formations existants.

Le climat régnant dans le bassin est semi-aride, la moyenne annuelle des températures est de 16°C, les précipitations annuelles moyennes sont de l'ordre de 370 mm/an, l'évaporation est de 310 mm.

La variabilité des précipitations et des températures fait que le climat est contrasté: chaud et sec en été, humide et froid en hiver.

Les cartes piézométriques montrent un écoulement NE-SW. Toutes les eaux sont drainées par oued Boulfreis vers le nord, la nappe se rapproche du niveau topographique pour constituer des chotts tel que Chott el mellah Exutoire naturel des eaux du bassin

Il existe probablement une communication hydraulique entre les deux aquifères par drainante ce qui ne serait sans risque sur la qualité des eaux souterraines par infiltration de polluants depuis la surface à travers les failles on lessivant les formations salifères qui influent sur la qualité des eaux.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines montre que la conductivité des eaux évolue progressivement dans le sens d'écoulement. Elle passe de chloruré calcique près des affleurements calcaires à sulfaté sodique près des chotts. Le Résidu Sec augmente proportionnellement avec la conductivité pour qu'il passe de chloruré calcique ; près des formations carbonatés à sulfaté sodique à l'exutoire près des chotts.

L'analyse des cartes de la conductivité électrique et de distribution spatiale des éléments chimiques montre que la salinité augmente dans le sens d'écoulement. Elle passe de chloruré calcique près des affleurements calcaires à sulfaté sodique près des chotts, ainsi atteste le rôle joué par les niveaux lithologiques (argile salifères) et l'évaporation dans la contamination et la dégradation de la qualité des eaux

Le diagramme de Piper dénote de l'évolution du faciès chimique: à l'entrée du bassin les eaux sont diluées et présentent un faciès chloruré calcique au fur de l'écoulement et du changement de la texture du sol et du matériau alluvionnaire les eaux acquiert un faciès sulfatés calcique à chlorurées sodique pour finalement devenir sulfatées sodique à l'exutoire.

De ce fait, les eaux souterraines de la région d'étude montrent une forte salinité des eaux, son origine est liée principalement au lessivage des formations évaporitiques et aux périodes de sécheresse prolongées.

La chimie des eaux se caractérise par une grande variabilité dans le temps et l'espace, elle augmente vers l'aval sous l'effet du climat aride, mais aussi des interactions eaux/roches ainsi que des apports de surface et des actions anthropiques.

La détermination des bilans ioniques entre les éléments chimiques, les rapports caractéristiques montre la dominance des ions évaporitiques (Cl^-) que carbonatés (HCO_3^-).

L'étude de ces rapports caractéristiques montre également l'existence du phénomène d'échange de base entre les alcalins de l'eau Na^+ et les alcalino-terreux (Ca^{++}) des formations argileuses.

L'interprétation des données d'analyse, en utilisant la modélisation thermodynamique a montré le rôle majeur de l'évaporation dans l'évolution de la chimie des eaux; elle provoque une précipitation de la calcite puis de gypse, ainsi une adsorption de magnésium, de sodium et de potassium par le complexe d'échange et une désorption du calcium.

Comme souvent en zone semi aride, la salinisation est le processus principal et son importance masque les autres sources de variabilité chimique. Ceci explique l'allure souvent dispersée des diagrammes de concentration ce qui permis ainsi d'identifier les principales sources de variabilité de la composition des eaux et aussi de les classer dans un système complexe endoréique et steppique du bassin de Bagaga soumis à une forte aridité où se combinent les effets anthropique et variabilité naturelles.

La modélisation thermodynamique a permis d'interpréter l'allure dispersée des diagrammes de concentration, expliqué par le rôle majeurs de l'évaporation dans l'évolution de la chimie des eaux, cette dernière provoque une précipitation précoce de la calcite puis de la calcite et de gypse ainsi qu'une adsorption de magnésium, de sodium et de potassium par le complexe d'échange et une désorption de calcium

La combinaison des méthodes géochimiques et thermodynamiques a permis de hiérarchiser l'origine de la minéralité des eaux, à commencer par le climat, par la formation de la calcite et le gypse ensuite la géologie et la pollution anthropique.

La chimie de l'eau a montré une grande variabilité dans l'espace et le temps. Le total des solides dissous augmente dans l'eau de l'amont vers aval en raison de l'effet de l'aridité du climat, mais aussi en raison de l'interaction eau-roche sous l'effet de la pollution anthropique. Les modifications chimiques de l'eau sont progressivement à partir de chloruré calcique en amont, sulfatées calciques et chlorureés sodiques dans la zone médiane et de sulfaté sodiques dans le Chott.

La modélisation thermodynamique a montré le rôle majeur de l'évaporation dans l'évolution de la chimie de l'eau ; Le résultat indique la précipitation de calcite ensuite le gypse.

Il est en ressort que les eaux souterraines de bassin de Bagaga ont une forte salinité des eaux, son origine est liée principalement au lessivage des formations évaporitiques et carbonatées.

**ORIGINE ET QUALITE DES RESSOURCES EN EAU DE LA PLAINE DE
HAMMAMET.
REGION DE TEBESSA NORD-EST ALGERIEN.**

Omar. GUEFAIFIA¹, Layachi.GOUAIDIA², M.L.HEMILA³

1- Université de Tébessa(Algérie) Département des sciences de la terre et de l'univers. e-mail : ueom@yahoo.fr

2- Université de Tébessa (Algérie) Département des sciences de la terre et de l'univers, e-mail :
gouaidial@yahoo.fr

Résumé

Par sa position en amont de la plaine de Hammamet, Djebel Es Senn constitue le réservoir à partir duquel l'alimentation souterraine se fait vers le champ captant. L'objectif de ce travail est de connaître le rôle et la position des calcaires d'âge turonien de Djebel Es Senn dans l'alimentation du champ captant de Hammamet.

Comme démarche et méthodologie d'étude, il a été exploité un site de mesure in situ de la fracturation et des accidents tectoniques, La structure anticlinale érodée de Djebel Es Senn et l'apparition du bassin d'effondrement de Hammamet font que des horizons aquifères pourraient exister à des niveaux différents du point de vue profondeur. Les données géophysiques existantes et les coupes géoélectriques traversant la zone d'étude de Hammamet ont permis d'avoir des informations très utiles concernant la géométrie des horizons aquifères. La tâche principale était donc de connaître la relation entre la fracturation de Djebel Es Senn en amont et l'écoulement des eaux souterraines dans la région d'étude.

L'alimentation de la nappe de la plaine de Hammamet est assurée en grande partie par le système de failles résultant d'accidents tectoniques qui ont affectés les bordures calcaires.

La présente étude s'étale sur :

- La géologie de la zone d'étude tout en décrivant la stratigraphie et la structure tectonique.
- La partie géophysique qui explique l'identification de la structure du système aquifère.
- L'hydrogéologie a mis en relief la piézométrie, les conditions aux limites et l'hydrodynamique des eaux souterraines de la nappe.
- L'analyse morphostructurale a permis de comprendre la structuration de Djebel Es Senn, et son impact sur l'alimentation de la nappe alluvionnaire.
- L'hydrogéochimie a mis en évidence la qualité des eaux souterraines qui dépend d'une part de la nature lithologique de l'aquifère et d'autre part des conditions climatiques qui règnent dans la région.

Mots clés : Djebel Es Senn, les coupes géoélectriques, morphostructurale, Hammamet.

L'objectif de ce travail est de connaître le rôle et la position des calcaires d'âge turonien de Djebel Es Senn dans l'alimentation du champ captant de Hammamet.

Comme démarche et méthodologie d'étude, il a été exploité un site de mesure in situ de la fracturation et des accidents tectoniques, La structure anticlinale érodée de Djebel Es Senn et l'apparition du bassin d'effondrement de Hammamet font que des horizons aquifères pourraient exister à des niveaux différents du point de vue profondeur.

Les données géophysiques existantes et les coupes géoélectriques traversant la zone d'étude de Hammamet ont permis d'avoir des informations très utiles concernant la géométrie des horizons aquifères

La tâche principale était donc de connaître la relation entre la fracturation de Djebel Es Senn et l'écoulement des eaux souterraines dans la région d'étude.

L'alimentation de la nappe de la plaine de Hammamet est assurée en grande partie par le système de failles résultant d'accidents tectoniques qui ont affectés les bordures calcaires

La présente étude s'étale sur :

- la géologie de la zone d'étude tout en décrivant la stratigraphie et la structure tectonique.
- La partie géophysique qui explique l'identification de la structure du système aquifère.
- L'hydrogéologie a mis en relief la piézométrie, les conditions aux limites et l'hydrodynamique des eaux souterraines de la nappe.
- L'analyse morphostructurale a permis de comprendre la structuration de Djebel Es Senn, et son impact sur l'alimentation de la nappe alluvionnaire.
- L'hydrogéochimie a mis en évidence la qualité des eaux souterraines qui dépend d'une part de la nature lithologique de l'aquifère et d'autre part des conditions climatiques qui règnent dans la région.

INFLUENCE DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES SUR LA STRUCTURE DU PEUPEMENT ICHTYOLOGIQUE DANS LE BASSIN DE LA SEYBOUSE NORD-EST DE L'ALGERIE.

ELHadi BOUCHELAGHEM^{1*} & Boudjéma SAMRAOUI^{1**}

1 Laboratoire de recherche et de conservation des zones humides LRCZH, Département d'écologie et du génie de l'environnement. Université 8 mai 1945 - Guelma, Algérie, Avenue du 19 mai 1956 - B.P 401 Guelma -24000

* Email : bouchelaghem_h@outlook.fr

** Email : bsamraoui@yahoo.fr

RESUME

Le bassin de la Seybouse occupe une superficie de 6471 Km², Il prend naissance dans les hautes plaines de l'Atlas Tellien et s'étend jusqu'à son embouchure, qui se trouve à Sidi Salem près de la ville d'Annaba. Il occupe la troisième place quant à la superficie après El Kebir du Rhumel 8811 Km² et Madjerda-Mellegue 7942 Km². Il représente un enjeu capital pour l'approvisionnement en nourriture pour un million cinq cent mille (1.500.000) habitants, répartis en quatre vingt six (86) communes, et sept (07) wilayas. La rivière est aménagée par cinq Barrages d'une capacité totale de 400 Millions m³. Elle est cependant soumise à une forte pression anthropique liée :

- A l'exploitation agricole à travers un système d'irrigation mixte traditionnelle (gravitaire), et moderne (aspersion) selon le type de culture, Céréales et cultures maraîchères principales activités des secteurs irrigués.
- Aux pollutions industrielles, concentrées autour de Annaba, notamment pour la valorisation des produits miniers (sidérurgie d'El Hadjar), Engrais chimiques (**Fertial**) à travers son unité d'[Annaba](#)), des activités annexes et du conditionnement de la tomate.

Et de Guelma, pour la Sorasucre (**raffinerie de sucre**), l'unité **Cycma** pour la fabrication de cycles et motocycles et **l'Eurl Marmig (ex-Enamarbre)**, implantée au chef-lieu de la commune de **Boumahra Ahmed, au bord de la Seybouse.**

L'exploitation sévère et incontrôlée de ces activités sur le bassin entraîne multiples problèmes dont entre autres la pollution, l'érosion côtière, l'eutrophisation, les inondations, la dégradation des habitats naturels. C'est pourquoi, il est compréhensible que les efforts soient déployés dans le processus de restauration et de conservation des sites et habitats naturels importants. L'objectif de l'étude présentée est d'analyser l'influence des aménagements hydro-agricoles sur la structure des peuplements ichtyologiques, mais aussi d'identifier les différentes pressions et leurs causes exercées sur la biodiversité. La recherche devrait pouvoir aboutir à proposer des mesures qui devraient être mises en œuvre pour atténuer et prévenir les dégradations

Keys words. – Algérie - Seybouse – Impact des barrages - Peuplement ichtyologique- Analyse physico-chimique et chimique des eaux.

INTRODUCTION

Dans le cadre d'un processus de développement du pays, Le bassin de la Seybouse fait l'objet depuis le début des années 1980, d'aménagements hydrauliques et hydroagricoles, destinés à régulariser les eaux d'écoulements superficiels, l'irrigation des cultures et l'alimentation en eau des villes :

- le barrage de Hammam Debagh sur l'Oued Bouhamdane (capacité utile:180 hm³), destiné au périmètre irrigué de Guelma-Boucheougouf (12900 ha) et à l'A.E.P.de Guelma.

- le barrage de Foum El Khanga sur l'Oued Cherf amont, d'une capacité de 157 hm³ et destiné à l'irrigation. Deux autres barrages, destinés à l'irrigation, celui de Koudiat Harricha dans le Cherf aval et celui de Koudiat Mahcha dans la Basse Seybouse, sont programmés pour 2017.

Quatre petits barrages ont été réalisés sur l'Oued Cherf amont (Tiffech, Sedrata), M'djez El Bgar dans le Cherf aval, et Ben Badis sur l'Oued El Heria qui est un petit affluent de l'oued Bouhamdane Louamri (2013). Par ailleurs, le bassin a connu, grâce à la politique initiée à l'échelle locale, un développement des retenues collinaires (70 recensés sur le bassin de la Seybouse) et ont pour objectif de favoriser la petite irrigation.

Le bassin de la Seybouse, et en particulier le cours principal du fleuve, est l'un des rares milieux aquatiques à avoir bénéficié d'études ichtyologiques anciennes telles que celles de Cuvier et Valenciennes (1842), les recherches ont sur-tout porté sur l'inventaire systématique et la taxinomie des espèces et ont par-fois permis une approche biogéographique. En même temps se sont développées des études sur la biologie et l'écologie de principales espèces inféodées aux eaux continentales d'Algérie : Pellegrin (1920, 1921, 1939), Seurat (1922, 1930), Cauvet (1930), Thevenin (1936), Dieuzeide et Champagne (1950), Arrignon (1962), Almaça (1969, 1977, 1979), Leberre (1989), Bouhaddad (1998), Zouakh et al. (2004), Blanco et al. (2006), Bacha & Amara (2007), Kara (2012).

Les connaissances développées sur l'étude géologique et hydrogéologique, se sont enrichies par de nombreux travaux. La chronique de données obtenue par Demmak (1982) qui a approfondi l'étude de 30 bassins-versants algériens pour une période de 7 années (1972/73 à 1978/79), est la première en son genre du point de vue de sa régularité, périodicité, durée et précision. L'étude sur les transports solides réalisée par la SOGREAH en 1983, constitue un important travail bibliographique contenant une base de données sur les pays du Maghreb.

Ghachi (1986), a abordé en plus d'une étude hydrologique, les bilans ressources-besoins dans le bassin de la Seybouse. Khanchoul (2006), a étudié les transports solides des cours d'eau à l'échelle des événements hydrologiques extrêmes (les crues).

La pollution de plus en plus alarmante des cours d'eau à l'aval des grandes agglomérations et des zones industrielles a des effets négatifs sur la qualité des ressources en eau superficielles et souterraines Louamri (2013). Ainsi, l'examen de la qualité biologique, par l'approche piscicole, renseignera sur la qualité physico-chimique des eaux ainsi que sur la qualité hydromorphologique, principaux critères dans l'évaluation du bon état écologique des cours d'eau.

MATERIEL ET METHODES

La faune d'un hydrosystème intègre la variabilité spatio-temporelle de l'environnement. Toute modification du milieu est donc susceptible d'impacter cette faune.

La grande sensibilité de la faune ichtyologique aux changements de leur environnement (modifications physiques, biologiques et/ou physico-chimiques, d'origines naturelles ou anthropiques) et leur rôle clef dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques font de ces organismes de bons indicateurs locaux. Leurs peuplements peuvent donc être étudiés, d'un point de vue qualitatif (taxons présents) et quantitatif (dénombrements des organismes), pour estimer l'intégrité biotique des milieux aquatiques, en parallèle avec un suivi de la qualité physico-chimique de l'eau.

Description des stations

La zone d'étude située dans le bassin de l'oued Seybouse (fig. 1) qui couvre une superficie de 6471 km², chevauche trois grands domaines physiques et bioclimatiques, décrites par Blayac (1912) :

-le domaine des Hautes Plaines au Sud

-le domaine sud-Tellien

-le domaine Tellien du Nord

Ces grands ensembles physiques présentent des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement. Le présent travail se propose d'étudier la composition des peuplements piscicoles dans ces différents compartiments du cours d'eau de la Seybouse. Aussi, cette étude voudrait mettre en relief les relations entre les peuplements de poissons et les variables environnementales.

Plan d'échantillonnage

Suivant le gradient amont-aval, et en se basant sur les critères typologiques caractérisant la zone d'étude, trois zones d'échantillonnage, ont été considérées, se rapportant chacune au domaine physique évoqué plus haut. La fréquence d'échantillonnage est mensuelle et les échantillons d'eau et de poisson que nous avons examinés ont été collectés essentiellement durant l'année 2013.

Matériel de prélèvement :

Pour l'échantillonnage des eaux, il a été fait en bordure du fleuve sur les deux rives (au niveau des berges), et a été prélevé à une profondeur d'environ 40cm et à trois (3) mètres de la berge pour éviter les phénomènes d'hyponomos.

Différentes méthodes de capture des poissons peuvent être mises en œuvre. La capture peut en effet s'effectuer au filet, les méthodes les moins traumatisantes comme l'emploi de filets maillants devant être alors retenues. Le recours à d'autres modes de pêche, comme la pêche électrique a été utilisé dans les petits bras de faible profondeur (<0,5 m). Elles nécessitent néanmoins un effort de pêche conséquent..

Les poissons capturés ont été identifiés à l'aide de clés d'identification de GVS / GUIDE DES VERTEBRES DU SAHARA / Fiches spécifiques, puis mesurés et pesés respectivement au millimètre et au gramme près.

Variables environnementales

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait dans une glacière à 4 °C. Lorsque les échantillons sont conservés, ils sont mis au réfrigérateur.

Les paramètres physico-chimiques retenus pour cette étude sont : La conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$), le taux de solides dissous ou TDS (mg/l), l'oxygène (mg/l et en %), le pH, la température (°C), la salinité, les éléments minéraux majeurs (calcium, magnésium, sodium, chlorures, sulfates,...) ou quelques polluants (nitrates, azote ammoniacal, cadmium,...). La turbidité est mesurée par néphélogétrie.

Les variables de l'habitat notées sont : la largeur (m), la profondeur (m), la vitesse du courant (en chronométrant le déplacement d'une bouteille plastique de 0,5 l à moitié remplie d'eau sur une distance donnée (McMahon et al., 1996). La couverture par les plantes aquatiques et le substrat ont été estimés et exprimés en pourcentage.

RESULTATS ET DISCUSSION

A travers les résultats obtenus, nous pouvons observer que le pH est voisin de la neutralité alcalin. Par ailleurs, nos résultats ont montré que les conductivités enregistrées sont assez élevées, ce qui correspond à une minéralisation importante pour les deux barrages (Hammam Debagh et Foum El Khanga) comparées à celles d'autres eaux de barrages comme celles de Cheffia et Mexa (Harrat, 2010).

Les peuplements présentent des différences régionales. La densité de population est faible en moyenne mais présente de grandes disparités, et de grosses variations en fonction des saisons. Leur situation est préoccupante car ils sont menacés dans leur majorité. En effet, compte tenu de la complexité des hydrosystèmes de ce pays et de la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, et des conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévations des températures ...) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux, à l'isolement démographique des populations et probablement à une perte de diversité.

CONCLUSION

Ces résultats contribuent à la compréhension des réponses des poissons face à une perturbation majeure induite par la construction d'un barrage. Cette connaissance revêt une importance capitale pour anticiper les impacts de ce genre d'ouvrage, en particulier sur les ressources piscicoles.

Afin d'adopter des mesures de conservation adéquates des ressources ichthyologiques du pays, il est urgent, premièrement, d'actualiser les données relatives à la systématique, à la distribution et à l'écologie des poissons autochtones du bassin et, deuxièmement, d'identifier et d'évaluer les facteurs responsables du déclin de l'ichtyofaune. Une meilleure connaissance des impacts écologiques des aménagements nous permettra d'envisager une gestion plus équilibrée et plus durable de notre patrimoine aquatique. Ensuite, en toute connaissance de cause, des mesures de gestion pourront être recommandées et appliquées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CUVIER G. & A. VALENCIENNES, 1842. - Histoire naturelle des Poissons. Vol. 16, pp. 1828-1850. Paris.
- BLAYAC J., 1912. Esquisse géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines. Th. Doct. es- Sc.Nat.Paris,490p.
- PELLEGRIN J. 1921.- Les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord française (Maroc, Algérie, Tunisie, Sahara). Mêm. Soc. Sci. Nat. Maroc. 1: 1-217
- ALMAÇA C. 1970. – Sur les barbeaux (genres et sous-genre Barbus) de l'Afrique du Nord. Bull. Mus. Natl. Hist. Nat.; Paris, 42: 141-158
- DEMMAK A. (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Docteur Ingénieur, université de Pierre et Marie Curie, Paris XI.
- GHACHI A., 1986. Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie. Thèse. Doctorat. 3^{ème} cycle. Ed. O.P.U. 508 p.
- BOUHADDAD R. 1993.- Distribution des espèces du genre Barbus en Algérie. Cah. Ethol. 13: 185- 188
- DOADRIO I., 1994.- Freshwater fish fauna of north africa and its biogeography. Ann. Mus. R. Afr. Cent. Sci. Zool. 275: 21-34
- ZOUAKH D.E., BOUHADDAD R., MOULA M & M. CHERBI 2004. Ichtyofaune, macrofaune benthique et peuplement zooplantonique des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili. Bull. Soc. Zool.Fr. 103: 55-80.
- BACHA M. & R. AMARA 2007.- Les poissons des eaux continentales d'Algérie. Etude de l'ichtyofaune de la Soummam. Cybium, 31 (3): 351-358.
- KARA H. M., 2012. Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. European journal of wildlife research. 58 (1): 243-253.
- LOUAMRI A. 2013.- Le bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale): hydrologie et aménagement des eaux. Thèse de Doctorat d'Etat en Sc., Algérie, 300p.

ELIMINATION DES NITRATES DES EAUX SOUTERRAINES PAR ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF EN POUDRE (CAP)

Oussama Kheliel, Leila Youcef, Abd El Kader Ouakouak, Samia Achour.
Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface – LARHYSS –
Université de Biskra, B.P. 145, R.P., Biskra, Algérie

E-mail : oussamakh88@hotmail.fr, lyoucef2@yahoo.fr, ouakouakk@yahoo.fr, samia.achour@Larhyss.net.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'observer le pouvoir adsorbant du charbon actif en poudre (CAP) pour la dénitrification des eaux souterraines de la région de Biskra.

Nos résultats ont montré que quelque soit l'eau testée, une désorption des nitrates au-delà du temps d'équilibre a été constaté. Ce temps d'équilibre varie, selon l'eau testée, de 2 heures à 2 heures et 30 minutes. Pour les trois eaux testées, le pH de traitement influe significativement sur les rendements d'élimination des nitrates. Les meilleurs rendements sont obtenus à pH égal à 4. La variation de la dose de l'adsorbant dans la gamme 0,1 à 4 g/l induit à l'équilibre un accroissement dans les rendements d'élimination des nitrates, les teneurs résiduelles en nitrates sont conformes à la norme de l'OMS (50 mg/l) à fortes doses de l'adsorbant (4 g/l). Ainsi que, Les deux modèles de Langmuir et de Freundlich sont parfaitement applicables pour les résultats obtenus.

Mots clés : eaux de forages, nitrates, charbon actif en poudre (CAP).

Keywords : groundwater, nitrates, powdered activated carbon (PAC).

I. Introduction

La wilaya de Biskra est devenue un pôle agricole national. Ce niveau d'intensification de l'agriculture s'est accompagné d'une application importante d'intrants agro-chimiques et ceci peut conduire à de lourdes conséquences concernant la contamination des eaux souterraines et notamment la pollution nitrique. La présence des nitrates dans les aquifères cause des problèmes de santé humaine tels que la méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu) qui est associée à l'ingestion de fortes concentrations des nitrates par les enfants et les bébés provoquant leur cyanose (Bliffert etPerraud, 1997). De plus, une concentration élevée en nitrates peut mener à la formation de nitrosamines qui sont potentiellement cancérigènes (Levine etSchindler, 1989).

De nombreux procédés biologiques et physico-chimiques ont été mis en œuvre pour le traitement des eaux contaminées par les nitrates (Kapoor et Viraraghavan, 1997). Cependant, l'adsorption s'avère une alternative prometteuse grâce à sa simplicité et sa rapidité.

L'objectif de cette étude est d'observer l'efficacité de l'élimination des nitrates des eaux souterraines par l'adsorption sur le charbon actif en poudre (CAP), en étudiant l'effet de plusieurs paramètres réactionnels.

Tableau 1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines testées

Paramètre	Eau		
	Ben Braika	Magri	Said Belladjlat

II. Matériel et méthodes

II.1. Caractéristiques des eaux testées

Afin de réaliser nos essais, on a effectué un échantillonnage dans la région de Biskra au niveau de trois points des eaux

pH		7,71	7,61	7,65
Conductivité électrique	(mS/cm)	4,38	5,18	1,8
TH	(°F)	288	356	280
SO ₄ ²⁻	(mg/l)	400	386	180
Cl ⁻	(mg/l)	1378	1220	220
NO ₃ ⁻	(mg/l)	72,49	172,29	18
Ca ²⁺	(mg/l)	352	371	368
Mg ²⁺	(mg/l)	480	632	451

souterraines dont les caractéristiques physico-chimiques sont représentées dans le tableau 1.

II.2. Solution mère des NO₃⁻

La solution mère des nitrates a été préparée à 100 mg de NO₃/l en faisant dissoudre lenitrate de potassium (KNO₃) dans l'eau distillée. Cette solution a été utilisée pour la préparation des solutions étalons pour le dosage des nitrates par spectrophotométrie en UV.

II.3. Caractéristiques de charbon actif en poudre (CAP)

Le charbon actif utilisé dans cette étude, nous a été fourni par le laboratoire de chimie Riedel-de Haen. C'est un charbon actif mésoporeux de 20 nm de granulométrie et de 658 m²/g de surface spécifique.

II.4. Méthodes de dosage

- **Mesure du pH :** Nous avons utilisé un pH-mètre digital de laboratoire pH 212 HANNA équipé d'une électrode combinée (Bioblock Scientific).
- **Dosage des NO₃⁻ :** Nous avons dosé les nitrates dans les échantillons d'eau par spectrophotométrie en UV (Rejsek, 2002) en utilisant le spectrophotomètre UV-visible (JENWAY 6305 UV). L'étalonnage de l'appareil est répété avant chaque série d'essais.

II.5. Description des essais d'adsorption

Les essais ont été réalisés en réacteur statique par mise en contact de 1000 ml de l'échantillon avec une dose constante de charbon actif en poudre.

Afin d'étudier la cinétique d'adsorption, les solutions ont été agitées pendant 6 heures sur des agitateurs magnétiques. La séparation solide/liquide de l'échantillon prélevé est réalisée par filtration sous vide à l'aide d'une membrane de 0,45 µm de porosité. L'effet du pH a été étudié en ajustant le pH des solutions avec HCl (0,1 N) et NaOH (0,1 N).

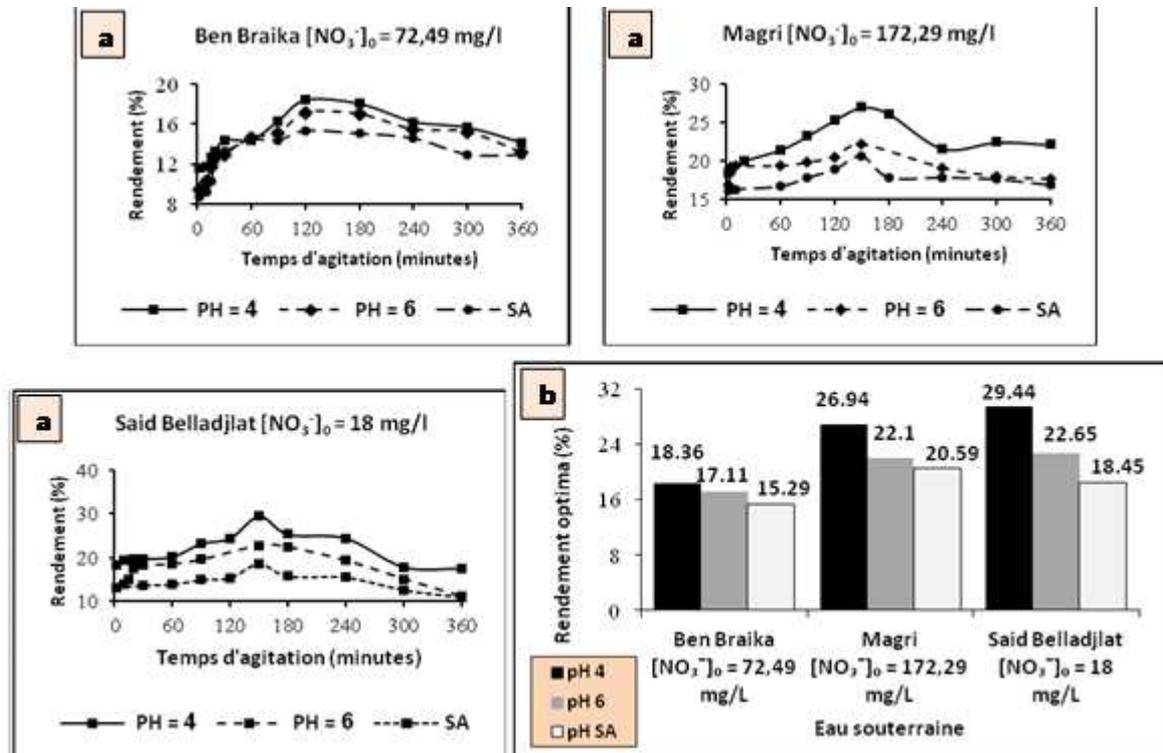


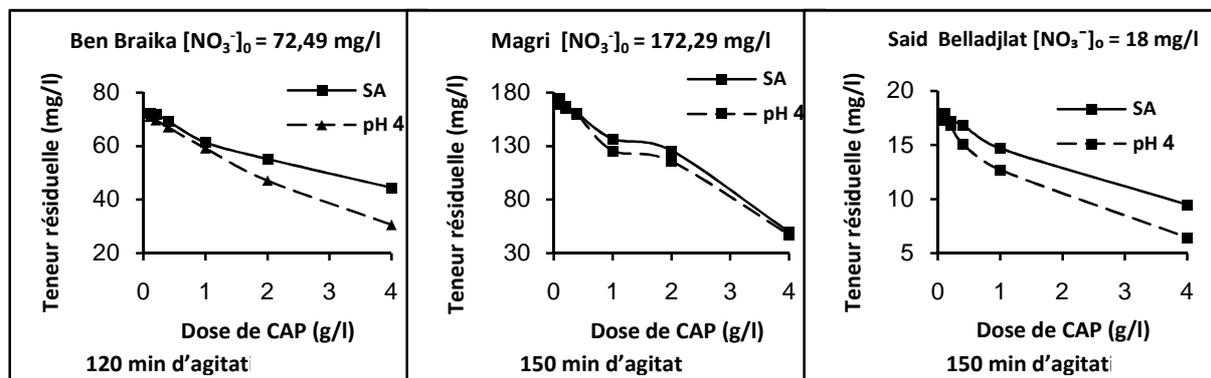
Figure 1. a. Cinétiques d'adsorption des nitrates sur charbon actif en poudre (CAP) b. Récapitulatif des résultats optima des essais de dénitrification des eaux souterraines sur le CAP

Les résultats optima que nous avons obtenus à l'équilibre sont présentés sur la figure 1.b. Ces résultats montrent que le maximum d'élimination des nitrates par le CAP a été obtenu à pH 4.

III.2. Effet de la dose de CAP

L'étude de l'effet de la variation de la dose de l'adsorbant (CAP) entre 0,1 et 4 g/l sur la dénitrification des eaux souterraines a été réalisée en fixant le temps d'agitation à 150 minutes pour les eaux de Magri et Said Belladjlat, et à 120 minutes pour l'eau de Ben Braika, au cours de l'ensemble des essais réalisés. Les courbes présentées sur la figure 2 indiquent que les rendements d'élimination des nitrates augmentent avec l'augmentation de la dose de l'adsorbant (CAP) et les

Figure 2. Evolution de la teneur résiduelle en nitrates des eaux souterraines en fonction de la dose de charbon actif en poudre ([CAP] = 0,1 à 4 g/l)



teneurs résiduelles en nitrates sont conformes à la norme de potabilité de l'OMS (50 mg/l) pour toutes les eaux testées pour une dose de 4 g/l de CAP.

Nous avons utilisé les résultats obtenus lors de la variation de la dose de CAP à pH 4 selon les formes linéarisées des modèles de Freundlich et de Langmuir (tableau 2).

Tableau 2. Constantes des modèles d'adsorption de Freundlich et de Langmuir pour le CAP à pH 4

Eau souterraine	Freundlich		R^2	Langmuir			R^2
	n	K_F		q_m (mg/g)	b (l/mg)	R_L	
Ben Braika	1,92	2,00	0,991	18,87	0,042	0,25	0,988
Magri	22,93	25,70	0,958	33,11	0,256	0,022	0,977
Said Belladjlat	1,13	0,60	0,937	34,48	0,013	0,81	0,954

Au vu des résultats présentés dans le tableau 2, il apparaît de façon évidente que les deux modèles représentent une bonne corrélation avec les résultats expérimentaux.

IV. Conclusion

Cette étude a été consacrée à l'élimination des nitrates des eaux souterraines par adsorption sur le CAP.

Les résultats obtenus ont indiqué que l'élimination des nitrates sur le CAP est plus efficace à pH 4. Quelque soit l'eau de forage testée, on a constaté une désorption des nitrates au-delà du temps d'équilibre. Ce temps varie selon l'échantillon testé de 120 à 150 minutes. L'efficacité de la dénitrification est améliorée avec l'augmentation de la dose de CAP dans la gamme 0,1 à 4 g/l et les deux modèles de Langmuir et de Freundlich s'appliquent aux résultats expérimentaux pour toutes les eaux testées.

Références

- Bliffert C., Perraud R. (1997). Chimie de l'environnement, De Boeck Université, Paris. Boeglin J.C., Techniques de l'ingénieur, J 3940, Paris.
- Kapoor A., Viraraghavan, T. (1997). Nitrate removal from drinking water -review, J. Environ. Eng., Vol.123, p.371 380.
- Levine S.N., Schindler D.W. (1989). Phosphorus, nitrogen, and carbon dynamics of Experimental Lake 303 during recovery from eutrophication, Can. J. Fish. Aquat. Sci., 46, 2-10.
- Rejsek F. (2002) : Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques, Collection biologie technique, Série Sciences et techniques de l'environnement. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.

ETUDE HYDROCHIMIQUE DES EAUX DE LA ZONE DE FOUM EL GUEISS

WILAYA DE KHENCHELA (EST ALGERIE)

LAKHDARI Somia¹ ; HOUHA Belgacem² ; SMAIL Hizia³, NEDJAR Yamama⁴

Résumé

L'étude de la qualité des eaux souterraines du bassin versant de Foum El Gueiss est une nécessité pour pouvoir parler de la sédentarité des populations rurales et aussi pour encourager l'investissement par la création des richesses et de l'emploi tant que la matière première, qui est l'eau, existe; en abondance et de bonne qualité. La salinité des eaux serait attribuée à la dissolution des sels contenus dans les différents couches géologiques que l'eau à lessivé gouvernés par les échanges jusqu'à l'équilibre Eau-roche. Les eaux évoluent chimiquement dans le sens d'écoulement suivant un faciès bicarbonaté calcique à magnésien en amont vers des eaux chlorurées sodiques en aval. La pollution agricole par l'utilisation des intrants chimiques (engrais organiques et inorganiques) à sa part dans la minéralisation des eaux comme il a été démontré par l'analyse en composantes principales. Les eaux sont d'une qualité chimique acceptable que ce soit à un usage de potabilité ou d'irrigation.

Mots clés: eaux, salinité, pollution, qualité, hydrochimique.

1. Introduction

Le climat algérien est un climat de transition. Il varie de type méditerranéen dans le nord au type désertique dans le Sahara ^[1]. L'origine des pluies en Algérie est plutôt orographique ^[2]. Les conditions climatiques et la lithologie des zones arides sont contribuer dans la modification des propriétés physicochimique des eaux. L'absence des études de la qualité des eaux de cette région, fait une nécessité pour la connaissance et la préservation des eaux. Dans cette étude en cherchons de déterminer la qualité physico chimique des eaux souterraines du bassin versant de Foum El Gueiss.

2. Méthodologie

Pour évaluer la qualité physico-chimique des eaux du bassin de Foum El Gueiss, un certain nombre de points d'eau (fig. 1) Des précautions doivent être présenté à trois niveaux : le matériel de prélèvement, le mode de prélèvement, le transport et la conservation des échantillons ^[5].

La mesure des paramètres physiques sont effectué à l'aide d'un multi paramètres de marque Consort c535 (pH, température, conductivité électrique), a l'utilisation d'un spectromètre d'absorption atomique en va effectuer les analyses des différentes éléments chimique (calcium, magnésium, sodium, potassium, nitrates, chlorure, bicarbonates, sulfates)

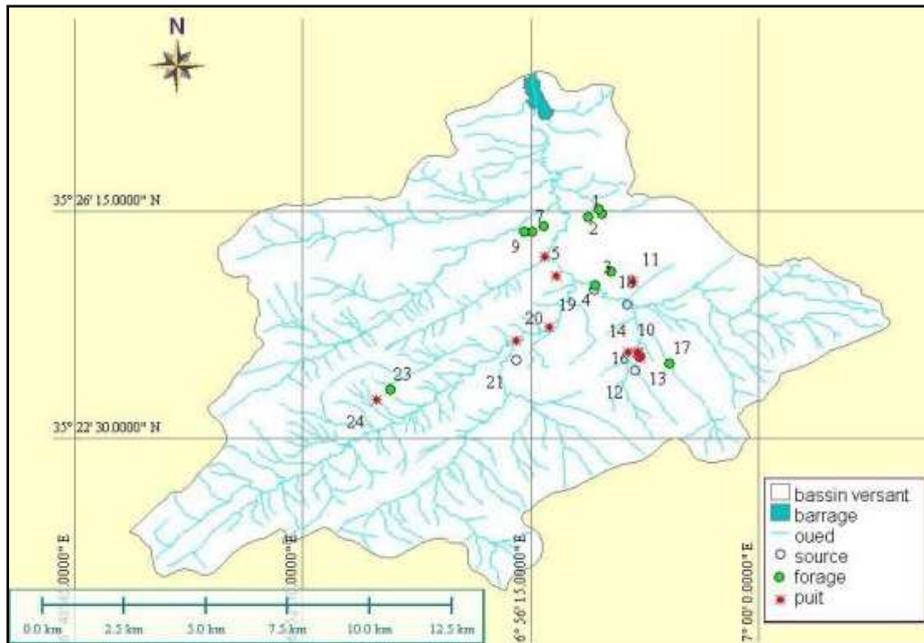


Fig 1 : Carte du réseau des points d'échantillonnage

3. Importants Résultats

Les résultats de calculs de SAR permettent de classer tous les points d'eau dans la catégorie des eaux admissible, la totalité des points d'eau sont dans le classement **C3S1**, où les eaux présentent un pouvoir d'alcalinité faible, cette classe dont une bonne qualité d'eau Les valeurs propres nous a permis de choisir uniquement l'axe factoriel 1 et 2 et 3 du fait qu'ils représentent 77.96% de la variance totale, le reste des facteurs (F4, F5, F6...) représentent seulement 22.04% de la variance totale. L'étude statistique par l'analyse en composants principales(ACP) illustré sur le tableau de 09 variables de 25 observations. Le pourcentage de la variation est de 41,917% pour l'axe F1 est de 24,756 pour l'axe F2. Le facteur F1 est déterminé par tous les éléments chimiques : c'est un axe de salinité ou de la minéralité des eaux.

Le facteur F2 qui représente 25 % de la variance totale est un axe de pollution ou il ya opposition entre des eaux polluées matérialisées par NO₃, Cl et Na et les eaux riches en carbonates, ceci est confirmé par le diagramme des individus ou il ya opposition entre les points d'eau diluées riches en calcite et les points d'eau polluées contaminées par des composés azotés

Tableau 1:Statistique descriptive

	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	C25°c
Min	47.2	22	8.4	0.8	8	89.6	107.5	8	1004
Max	142	92	109	12.1	265.3	414	421	44	1910
Moy	79.77	49.62	54.74	4.35	101.56	166.09	214.39	21.02	1278.16
écartype	20.09	16.98	32.6	3.99	58.72	79.94	83.55	10.66	269.43
CV%	0.25	0.34	0.6	0.92	0.52	0.48	0.39	0.51	0.21

Références

- [1]. Houha B.; 2007, Etude du fonctionnement hydrogéochimique et salin d'un bassin semi-aride. Remila-Khenchela-. Thèse de doctorat d'état. Université Badji Mokhtar Annaba.165p.
- [2]. Seltzer P., 1946, Les climats de l'Algérie. trav. inst. météophysique de l'Algérie, 219p.
- [3]. Lessard L., 1952, Elément de techno-géologie des barrages algériens et quelques ouvrages annexes, le barrage de Foum El Gueiss. Tome I. XIX congrès géologique international.
- [4]. Zedam R., 1998, Etude gîtologique du gisement barytine (Mizab).Ain Mimoun, Khenchela. Thèse de magistère.124p, université d'Annaba, Algérie.
- [5]. Rejsek F.2002, Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. Sceren. Paris. 360p.

QUALITE DES EAUX SOUTERRAINES ET RISQUE DE POLLUTION EN MILIEU LITTORALE-CAS DE LA NAPPE DE COLLO (NE ALGERIE)

Boulabeiz M1, Houha B1, Bousnoubra H2

1Département d'écologie et environnement, université de Khenchela-Algérie.

2Départements d'hydraulique, université d'Annaba. Algérie.

Email : fboulabeiz@gmail.com

Résumé :

La nappe alluvionnaire de Collo (Nord Est Algérie) qui occupe une superficie de 30 km², représente une ressource économique jugée prioritaire du fait qu'elle est utilisée dans les domaines d'irrigation et de consommation domestique. L'aire de la nappe est occupée essentiellement par des zones agricoles caractérisées par une utilisation de plus en plus importante des engrais chimiques qui représentent, en plus des rejets des zones industrielles, un risque permanent pour la qualité des eaux souterraines. L'étude de la vulnérabilité intrinsèque à la pollution de cette nappe a été effectuée en appliquant la méthode GOD avec l'aide des logiciels des systèmes d'information géographique. Le couplage entre la carte de vulnérabilité, les caractéristiques hydrodynamiques de la nappe et la position de différents sites susceptibles de transmettre de pollution nous a permis de réaliser une carte de risque qui joue un rôle majeur dans la gestion et la préservation des eaux souterraines.

Mots clés : qualité, risque, pollution, eaux souterraines, nord-est algérien.

I. INTRODUCTION : Les eaux souterraines comptent parmi nos plus grandes richesses car elles sont notre principale source d'approvisionnement en eau potable. En perspective de leur exploitation durable, il est indispensable d'en préserver et d'en surveiller la qualité.

En Algérie parmi les cas de pollution des eaux souterraine figure la plaine littorale de Collo (NE Algérien). La plaine de Collo connu par une pollution multiple due à des rejets liquides (les eaux usées domestiques et industrielles), solides (les décharges publiques) et la surexploitation des eaux souterraines. L'étude de l'évolution des éléments chimiques et la détermination des différents polluants existants nous a permis de déterminer l'origine de ces éléments et de faire une évaluation de risque de la nappe à la pollution.

II. LE CADRE GÉOGRAPHIQUE :

La plaine de Collo fait partie du sous-bassin versant de l'Oued Guebli qui appartient lui-même au bassin versant constantinois. Elle a une forme quadrilatérale allongée. Elle située entre 6° et 7° à l'Est du méridien et entre 36° et 37° latitude Nord Fig (1). La plaine de Collo

bénéficie d'un climat méditerranéen. Elle est située dans une région classée parmi les zones les plus arrosées d'Algérie où les quantités de précipitation oscillent entre 800-1200 mm/ an.

III. MATERIELLES ET METHODES

On a utilisé les données

- **hydrogéologiques** : la description de l'aquifère élaborée à partir des données de forages et de puits).

- **hydrochimique** :

Mesures in situ les paramètres physico-chimiques (pH, Eh, T°C, Conductivité électrique et l'oxygène dissout) sont mesurés *in situ*, à l'aide d'un pH-mètre, conductimètre, un oxymètre de la même marque (WTW 197i).

Analyse des éléments chimiques L'analyse des éléments chimiques a été effectuée selon trois méthodes (spectrophotomètre HACH DR/ 2010, photomètre à flamme de type JUNWAY et l'absorption atomique pour les éléments en trace).

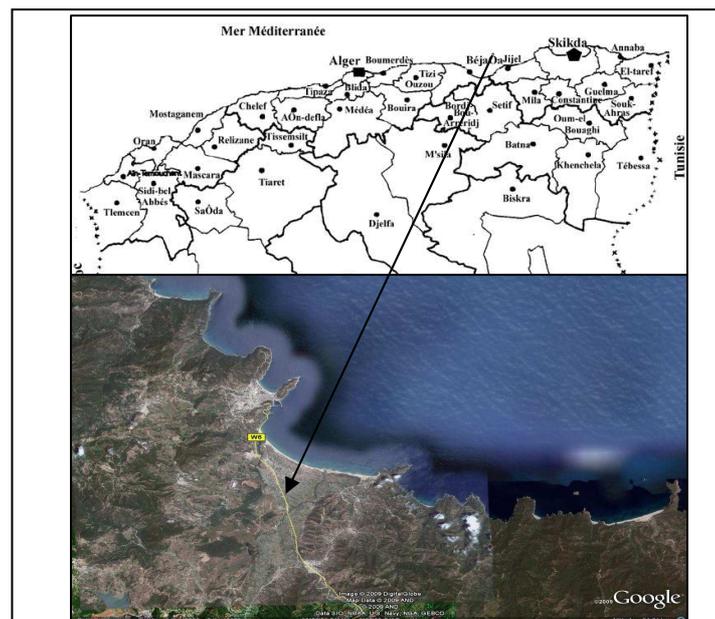


Fig.1 : Situation géographique de la zone d'étude (plaine de Collo)

IV. DISCUSSION DES RESULTATS

Le réservoir de la nappe de Collo est constitué par des formations sableuses graveleuses. Au Nord la nappe est libre, en dirigeant vers le sud, on observe un changement latéral progressif de la lithologie donnant une nappe semi-captive à captive.

IV.1. Hydrochimie:

IV.1.1 Salinité des eaux souterraines : les deux rapports caractéristiques ($\text{HCO}_3^-/(\text{Cl}^-+\text{SO}_4^{2-})$ -CE) et $((\text{Cl}^-/\text{SO}_4^{2-})$ -CE) nous a permis de ressortir deux origines de salinité, une très importante due aux formations géologiques des terrains (évaporites du Mio-Pliocène) (Fig.2) et l'autre moins importante due à l'intrusion marine remarquée au Nord-est de la plaine.

IV.1.2 Pollution anthropique

La nappe est le lieu d'une pollution diffuse par les composées azotées (nitrates et nitrites), en raison de leur grande solubilité et leur faible affinité aux échanges ioniques (Macko et Ostrom, 1994 Stumm et Morgan, 1996). Les teneurs maximales en nitrates sont observées au nord de la plaine (150 mg/l), pour les nitrites les valeurs les plus élevées sont observées au Sud-est (0.4mg/l).

Autre type de pollutions observées au niveau de la nappe est celle des éléments métalliques en trace représentée, surtout, par le plomb (Pb) (0.13 mg/l). Ceci pourrait expliquer par l'effet des rejets de deux stations de carburants existant au niveau de la plaine et les déchets solides composés principalement par le plomb comme les produits électroniques.

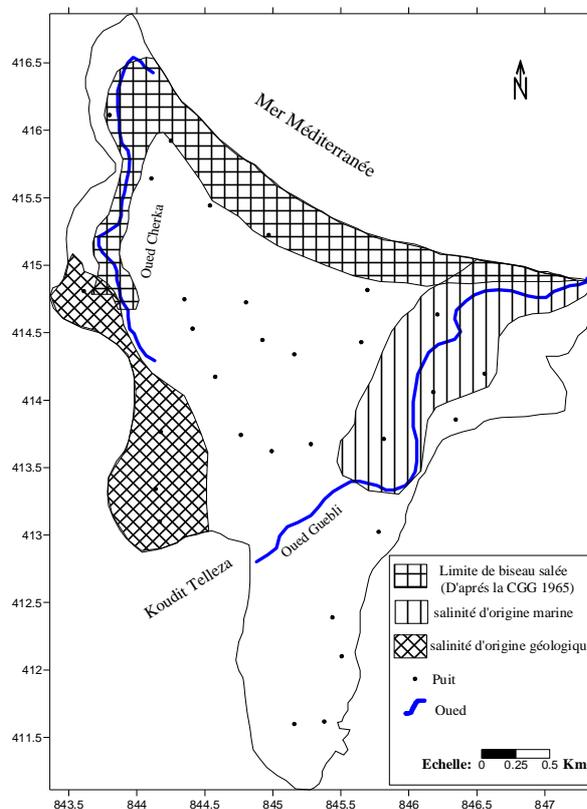


Fig.2 Différentes origine de la salinité dans la plaine de Collo

IV.2. Vulnérabilité de la nappe a la pollution : La carte de vulnérabilité de la nappe de Collo à la pollution, qui a été réalisée sur la base de la méthode GOD (Foster et Hirata 1991) (Fig.3), montre que la nappe de Collo est globalement de forte vulnérabilité au Nord, à très faible au Sud-est de la plaine. Néanmoins, cette vulnérabilité intrinsèque est accompagnée par une vulnérabilité spécifique majeure dans ce contexte, qui sera également pris en compte (Bézègues. S et des garets. E 2002) ; il s'agit de la présence d'un biseau salé sur le pourtour nord de la plaine. Dans le souci de construire une carte de vulnérabilité et de renseigner sur l'aléa de pollution, il sera utile de faire une carte de risque basée sur les principaux sites susceptibles d'émettre une pollution.

IV.3. Risque de la nappe a la pollution :

En se basant sur la vulnérabilité de la nappe, sur les cas de pollution observés et la position des différentes zones industrielles, agricole et urbaine sur la plaine, une carte de risque de la nappe a la pollution a été réalisée (Fig.4) Trois classes de risque se distinguent :

1-Fort risque : les eaux superficielles sont vulnérables à tout type de pollution vu les différents rejets qui se jettent directement dans l'oued.

2-Moyen risque : les zones à moyen risque se représentent par la partie centrale de la plaine ou la nappe présente un caractère semi-perméable

3-Faible risque : les zones à faible risque sont situées aux Sud et Sud Ouest où le sol est semi-perméable à imperméable donnant à la nappe un pouvoir auto épuratrice élevée.

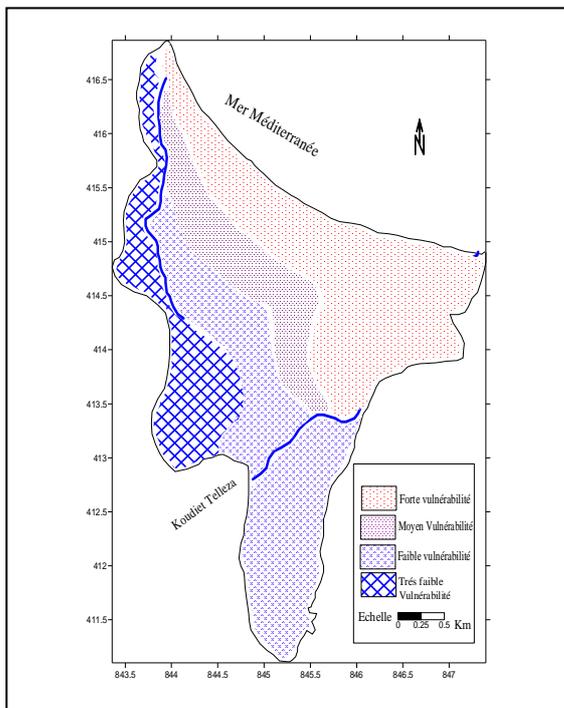


Fig.3 Vulnérabilité de la nappe de Collo selon la méthodeGOD

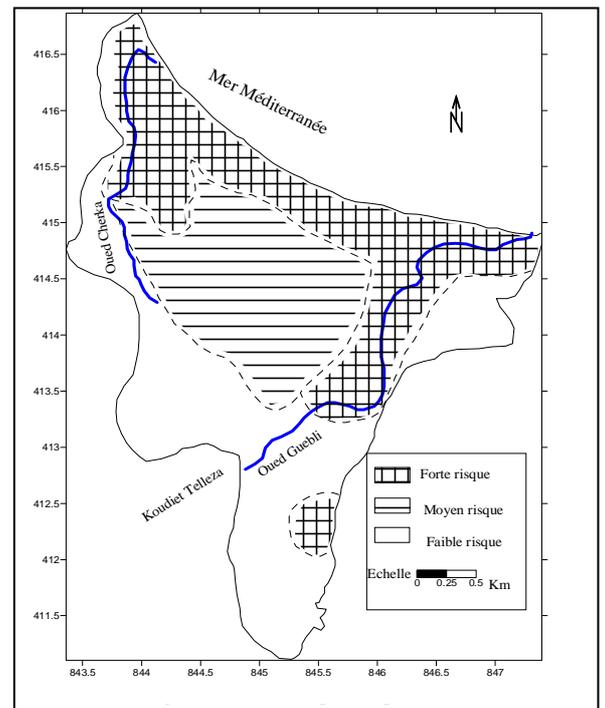


Fig.4 carte de risque de la nappe à la pollution

V. Conclusion

La nappe de Collo a subi plusieurs cas de pollution : des pollutions à grande échelle à cause de la salinité élevée (géologiques et marine) ou à cause des fortes teneurs en nitrate dues à l'utilisation intensive des fertilisants dans l'agriculture.

A fin de protéger ces ressources en eau et de diminuer les risques de pollution, une carte de risque de la plaine a été réalisée, qui représente un outil pour orienter les nouveaux projets de développement.

VI. Références bibliographiques

[1] Bézèlges S et E. des Garets, 2002 : Cartographie de la vulnérabilité des nappes de Grande-Terre et de Marie-Galante (Guadeloupe). In:Étude réalisée dans le cadre des opérations de Service public du BRGM 02EAU718. 41p.

[2] Bousnoubra H, Boulabeiz M,: Perturbation de l'interface eau douce-eau salée sous l'effet de pompage, cas de la nappe de Collo (NE Algérien). Sixième congrès maghrébin des sciences de la mer "Monastir (Tunisie): 17-21 Décembre 2005". pp17.

[3] CGG, : Rapport de l'étude géophysique dans la plaine de Collo (suite à la demande du service du génie rural et de l'hydraulique agricole arrondissement de Constantine), 1965 20p.

[4] Foster S.S.D., :Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy – Vulnerability of soil and Groundwater to pollutants. RIVM.TNO Committee on Hydrological Research, 1987. pp. 69-86.

[5] Macko S, and Ostrom N.E, : pollution studies using stable isotopes. In : Lajtha K. and Michener R. Stable isotopes in ecology. Blackwell, Oxford, 1994. pp 45-62.

POTABILITE ET ORIGINE DE CHIMISME DES EAUX D'UNE NAPPE CAPTIVE (CAS DE LA NAPPE DU COMPLEXE TERMINAL DU SOUF)

Salim KHECHANA ¹, Abdelmonem MILOUDI ¹ et El-Fadel DERRADJI ²

⁽¹⁾ *Laboratoire d'Exploitation et de Valorisation des Ressources Energétiques Sahariennes,
Faculté des sciences et technologie, Univ. El-Oued B.P. 789 El-Oued 39000 – Algérie.*

E-Mail: khechana-salim@univ-eloued.dz

⁽²⁾ *Laboratoire de Géologie, Univ. Badji Mokhtar- B.P. 12 Annaba 23000 – Algérie.*

E-Mail: derradji_d@yahoo.fr

Résumé:

L'établissement de ce travail à pour finalité d'identifier les faciès chimiques, les origines ainsi que la potabilité des eaux de la nappe du Complexe terminal de la vallée de Oued-Souf et leurs aptitude à l'irrigation. Nous avons remarqué que la qualité des eaux en question, d'après les analyses effectuées en mois de janvier 2014 par l'ADE (Algérien Des Eaux), est médiocre, non potables et impropre pour l'irrigation selon les normes de l'OMS, à cause de sa forte salinité, celle qui s'accroît en fonction du sens d'écoulement des eaux souterraines et qui est due probablement à une pollution géologique (naturelles).

1. INTRODUCTION.

La bonne gestion quantitative de la nappe convient toujours aux nombreuses pressions qualitatives, de déterminer leur origine, quelles soient diffuses (agriculture) ou ponctuelles (rejets d'égoûts, fuites de citerne, ...), de vérifier leur qualité présente et d'en prévoir l'évolution à plus ou moins long terme.

Cette étude a pour but de définir l'origine des eaux de la nappe du Complexe terminal CT, les caractéristiques physico-chimiques des eaux, les éléments majeurs dissous dans les eaux et ces origines, ceux-ci par la quantification des divers éléments chimiques dissous dans l'eau, les faciès chimiques, la dureté, la potabilité de ces eaux et leurs aptitudes pour les utilisations agricoles.

2. INTERPRETATION DES RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES :

2.1. ECHANTILLONNAGE

Afin de mener à bien notre travail et atteindre les objectifs souhaités, nous avons procédé à un échantillonnage selon l'axe Rabbah, El-Oued, Kouinine, Guemar et Réguiba, c'est à dire selon le sens d'écoulement des eaux de la nappe du Complexe Terminal (CT), à partir des forages destinés à la consommation humaine [1].

Les prélèvements ont été effectués manuellement pendant le mois de janvier 2014 à partir de 26 châteaux d'eau, à condition que la javellisation soit arrêtée et la conduite est vidangée pour

que l'échantillon soit représentatif de l'eau du forage [2]. Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles bien lavées, d'une capacité de 1 litre, sans rajouter aucune substance conservatrice pour éviter toutes contaminations.

La fiche de l'échantillon ou l'étiquetage comporte : l'identité du préleveur, la date et l'heure du prélèvement, la ville ou l'établissement que l'eau alimente, l'origine et la température de l'eau [3].

2.2. MODE OPERATOIRE

Les paramètres physiques concernant la qualité des eaux (T°, conductivité et pH) sont mesurés sur terrain (in situ) à l'aide d'une valise multi-paramètres (marque 350i);

La dureté totale des échantillons est déterminée par complexométrie (par titrage avec l'acide éthylène-diamine-tétracétique, EDTA) ;

La mesure de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume de l'échantillon par l'acide sulfurique (N/50) ;

Les chlorures sont déterminés par la méthode de Mohr ;

Les sulfates par spectrophotométrie à une longueur d'onde $\lambda = 420$ nm pour une suspension obtenue par réaction des sulfates avec le chlorure de baryum ;

Le sodium et le potassium sont dosés par photométrie à émission de flamme sur appareil JENWAY PFP7 ;

Tous les résultats sont comparés avec les normes de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

2. 2.3. Résultats et discussion :

Pour tous les échantillons (26 forages), la balance ionique est inférieure 7%.

2.3. 1. LE FACIES CHIMIQUE:

a. Diagramme de Piper :

Le report de 26 forages d'eau sur le diagramme de Piper (Fig.1) montre que tous les points analysés sont caractérisés par des eaux de type sulfaté sodique [4]. Ce faciès indique une dissolution évaporitique riche en sels et en gypse [5].

b. Diagramme de Schoeller-Berkaloff

Le diagramme de Schoeller-Berkaloff permet la représentation de plusieurs analyses sur le même graphique. Si les concentrations sont identiques, on trouve une superposition des droites obtenues et dans le cas contraire, on remarque un décalage relatif des droites les unes au-dessus des autres.

D'après la figure 2 (a et b) on constate toujours l'existence d'une même famille d'eau qui est celle des eaux sulfatées, avec la prédominance du faciès sulfaté sodique.

2.3.2. ETUDE DES RAPPORTS CARACTERISTIQUES ET ORIGINE DES ELEMENTS DOMINANTS

a. Origine des éléments Na^+ et Cl^- :

Pour avoir une idée sur les éléments dominants, nous avons fait une représentation graphique sur une échelle logarithmique, avec en abscisses la teneur exprimée en milliequivalents des chlorures, et en ordonnées celle du sodium [6].

L'examen de la figure 3 a permis de remarquer que la majorité des points d'eau se trouve au-dessous de la droite d'une pente égale à 1. Dans ce cas, ce sont les chlorures qui l'emportent sur le sodium à cause d'un excès de dissolution de cet élément due à l'écoulement souterraine importante et à la température élevée des ces eaux.

b. Origine du calcium :

Le faciès calcique a été étudié à l'aide de deux diagrammes, à cause de sa double origine : carbonatée et évaporitique. Les figures 3.b et 3.c montrent que l'ensemble des points se trouve dans le domaine évaporitique, ce qui vérifie que l'élément Ca^{++} provient de la dissolution des calcaires fissurés et des évaporites d'âge Sénonien.

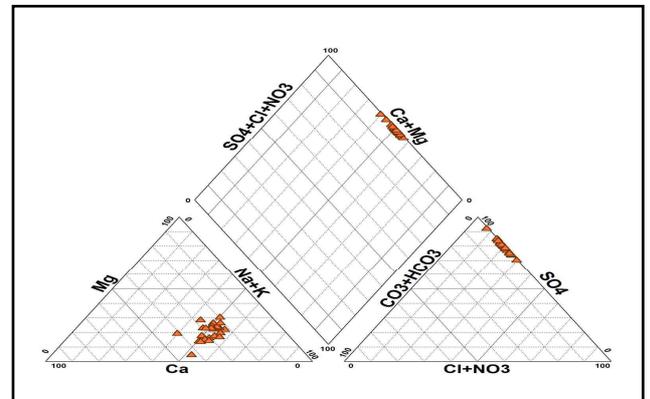


Figure 1. Diagramme de Piper des eaux de la nappe du CT (d'Oued Souf, janvier 2014)

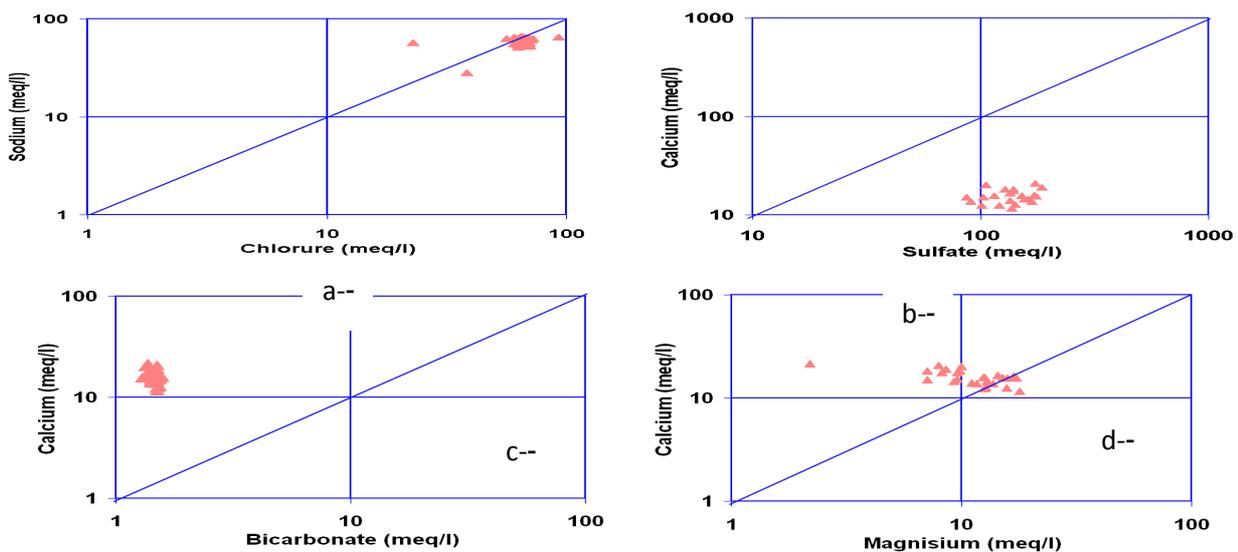


Figure 3. Les rapports caractéristiques ; a : le rapport Na^+/Cl^- ; b : le rapport $\text{Ca}^{++}/\text{SO}_4^{--}$; c : le rapport $\text{Ca}^{++}/\text{HCO}_3^-$; d : le rapport $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$

Afin de définir la potabilité des eaux souterraines, nous nous basons sur les normes de l'O.M.S (Organisation Mondiale de la Santé) et ceux du D.H.T (Degré Hydrométrique Total).

a. Le rapport $\text{Ca}^{++} / \text{Mg}^{++}$:

La figure 4.d montre l'existence de deux ensembles de points :

Un ensemble où le rapport est supérieur à 1, donc le calcium prédomine, c'est le cas de la plupart des points d'eau analysés, cela est dû à la dissolution des formations gypseuses.

Un ensemble où le rapport est inférieur à 1, le magnésium prédomine, il concerne quelques échantillons analysés. Le faciès magnésien indique la présence d'argiles ou de dolomies riches en magnésium.

2.3.3. APTITUDE DES EAUX A LA POTABILITE

a. Selon l'O.M.S

Ces normes définissent deux types de concentrations maximales (Tab.1) qui traduisent les limites de potabilité [7]. On distingue :

- Une concentration maximale acceptable à partir de laquelle une eau provoque une certaine réticence chez les consommateurs ;
- Une concentration maximale admissible qui correspond à la quantité maximale de substance à tolérer et dont la teneur supérieure peut être dangereuse à la santé.

L'examen du tableau 1, montre que tous les échantillons analysés ont des teneurs en SO_4^- , Ca^{++} , Na^+ et Cl^- supérieures aux normes maximales admissibles. Pour le magnésium, 50 % des eaux ont des teneurs inférieures aux normes. Cependant, pour les nitrates, elles restent toutes inférieures aux normes maximales admissibles.

b. Selon le degré hydrométrique total (D.H.T)

Le degré hydrométrique ou la dureté d'une eau correspond à la somme des concentrations en calcium et en magnésium.

$$\text{DHT} = r \text{Ca}^{++} + r \text{Mg}^{++} \text{ (en méq/l)}.$$

$$\text{DHT} = (r \text{Ca}^{++} + r \text{Mg}^{++}) * 5 \text{ (en degré français } ^\circ\text{F)}.$$

Le Tableau 2 montre que la totalité des eaux analysées (100%) sont très dures, le D.T.H est supérieur à 54 °F. Cette dureté a des conséquences plus ou moins néfastes telle que la consommation excessive du savon, la mauvaise cuisson des légumes secs et le goût inacceptable, ce qui oblige les citoyens à acheter l'eau à des propriétaires.

Tableau 1. Normes de potabilité de l'O.M.S.

Eléments chimiques	Concentration maximale acceptable (mg/l)	Concentration maximale admissible (mg/l)	Pourcentage des échantillons ayant une concentration inférieure à la concentration maximale admissible
Calcium	75	200	00
Magnésium	50	150	50
Sodium	150	250	00
Sulfates	200	500	00
Chlorures	200	400	00
Nitrates	50	100	100

Tableau 2. Dureté des eaux en °F.

D.H.T (en °F)	0 -7	7 - 22	22 - 32	32 -54	> 54
Qualification de l'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure
Pourcentage des points	0	0	0	0	100

Nous pouvons donc dire que les eaux souterraines de la nappe du Complexe Terminal d'Oued Souf sont de qualité chimique médiocre à mauvaise et impropres à la consommation selon les normes de l'O.M.S.

2.1. 2.3.4. APTITUDES DES EAUX A L'IRRIGATION

L'abondance de sodium dans l'eau d'irrigation peut provoquer également la dispersion et la destruction de la structure du sol, si la teneur en sodium est au moins trois fois supérieure à celle du calcium, dans de telles conditions, il peut devenir extrêmement difficile à satisfaire les besoins en eau de la culture. Le risque est déterminé à partir de la valeur du sodium absorbable « Sodium Absorption Ratio » (S.A.R) pour une même conductivité, le risque est d'autant plus grand que le coefficient est plus élevé. Le S.A.R est donné par la formule ci-dessous, il est utilisé en combinaisons avec la conductivité électrique de l'eau.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}, \text{ où tous les éléments sont exprimés en méq/l}$$

Par sa qualité bactériologique, l'eau souterraine doit être destinée prioritairement à l'AEP, malheureusement ce n'est pas le cas pour la nappe du Complexe Terminal d'Oued Souf à cause de sa qualité impropre. Afin d'estimer l'influence de ces eaux sur le sol et sur certaines cultures pratiquées dans la région, nous allons essayer d'évaluer leur aptitude à l'irrigation. Pour classer ces eaux, nous avons utilisé la méthode de Richards [8]. Le Tableau 3 récapitule les résultats obtenus après l'interprétation du diagramme de Richards (Fig.4).

Tableau 3. Résultats obtenus après interprétation du diagramme de Richards.

Classes		Pourcentage des points d'eau (%)
Admissible	S ₁ C ₃	00
	S ₂ C ₃	00
Médiocre	S ₁ C ₄	00
	S ₂ C ₄	00
Mauvaise	S ₂ C ₄	38.46
Très mauvaise	S ₃ C ₄	61.54

Les eaux de la région d'étude appartiennent à deux classes selon le diagramme de Richards [9]:

- La classe S₂ C₄ avec un pourcentage de 38,46%. Celle-ci est caractérisée par des eaux de mauvaise qualité. L'eau est fortement minéralisée pouvant convenir à l'irrigation de certaines espèces (concombre) bien tolérantes au sel, sur des sols bien drainés et lessivés.
- La classe S₃ C₄ avec un pourcentage de 61,54, caractérisée par des eaux de très mauvaise qualité, parce que le SAR et la conductivité sont à leur maximum [10].

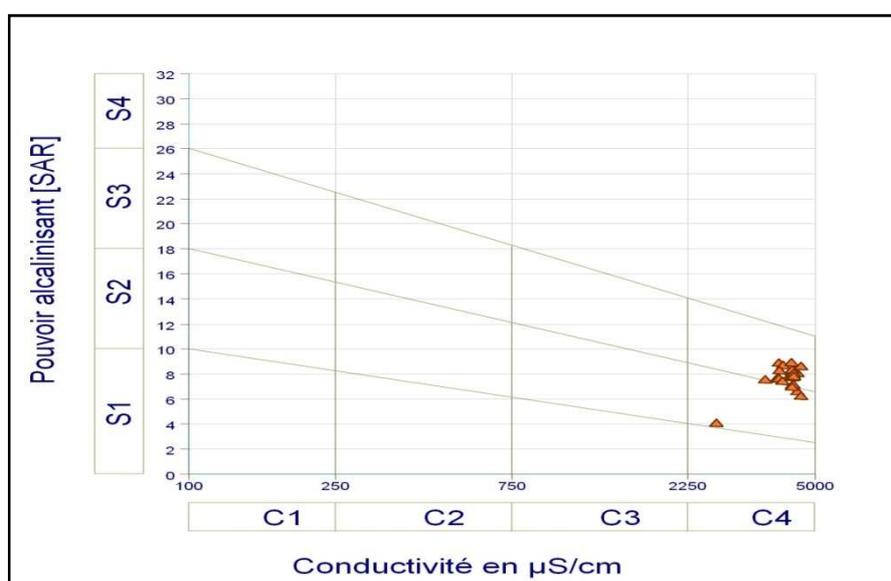


Figure 4. Diagramme de Richards: classification des eaux d'irrigation en fonction du S.A.R (Nappe du Complexe Terminal de la région d'Oued Souf, janvier 2014)

3. CONCLUSION:

Au cours de ce travail, on a pu définir la qualité des eaux de la nappe du CT, du point de vue potabilité et aptitude à l'irrigation.

D'après l'interprétation des analyses physico- chimiques, ces eaux sont trop salées et la concentration des éléments majeurs dépasse de loin les normes de potabilité de l'OMS, ce qui

nous laisse parler à des eaux de mauvaise qualité pour la consommation humaine. La classification des eaux du CT selon le diagramme de Richards montre qu'elles ont des conductivités très fortes et sont impropres pour les utilisations agricoles.

Cette situation a conduit les habitants de la région d'Oued Souf à acheter les eaux des citernes (eaux traitées ou provenant des régions voisines) pour leur propre consommation et n'utiliser les eaux de robinet (de CT) que pour le lavage et l'arrosage des espaces verts et des jardins. Ainsi, la dotation journalière devient très élevée (dépassant les 200 litres/jour/habitants), ce qui a pour conséquence une mauvaise gestion de cette ressource rare et vulnérable.

4. REFERENCES:

- [1] DSA (Direction Des Services Agricoles de la Wilaya d'El-Oued), 2010. L'irrigation par les forages de la nappe du Complexe Terminal (CT), p.4-11.
- [2] ADE (Algérien Des Eaux), 2010. Compte-rendu d'enquête sur les exploitations et les demandes d'AEP dans la Wilaya d'El-Oued, 04p.
- [3] Khechana S., Derradji F. et Derouiche A., 2010. La gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée d'Oued-Souf : enjeux d'adaptation d'une nouvelle stratégie, RSFA, ISSN 1112 9867 Vol.2 No.2 pp 22-36.
- [4] Piper A. M., 1944. "A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses". Transactions American Geophysical Union, 25: 914-928.
- [5] Tiri A. and Boudoukha A., 2010. Hydrochemical Analysis and Assessment of Surface Water Quality in Koudiat Medouar Reservoir, Algeria EJSR, Vol.41 No.2, pp.273-285 ISSN 1450-216X.
- [6] Khechana S., Derradji E.F. and N. Mega., 2011. Hydrochemical characteristics of Groundwater From The Valley Of Oued Souf (SE Algerian) EJSR, Vol.62 No.2, ISSN 1450-216X.
- [7] WHO (World Health Organization), 1993. "Guidelines for drinking water quality", (2nd edition), Volume 1, Geneva, WHO, pp. 130.
- [8] Richard L.A., 1954. "Diagnosis and improvement of saline and alkali soils". Agricultural handbook 60. Washington, DC: USDA, pp. 160.
- [9] Wilcox L.V., 1948. "The quality of water for irrigation use". U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin 962. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, , pp. 40.
- [10] Wilcox. L.V., 1955. "Classification and use of irrigation waters". U.S. Department of Agriculture Circular 969. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, pp. 19.

HYDROCHIMIE DES EAUX COMMERCIALISEES AU MAROC

El Ghazi M.¹, El Ouazzani Chahdi M.¹, Ennabih H.¹, Sadki O.² et Benaabidate L.¹.

1- Laboratoire de Géoressources et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques USMBA,

B.P. : 2202, Fès 30000 Maroc Email : benaabidate@yahoo.fr

2- Office National des Hydrocarbures et des Mines, Rabat, 5, avenue Moulay Hassan, Rabat

Email : sadki@onhym.com

Résumé :

L'hydrochimie permet d'étudier les processus chimiques qui affectent la distribution et les phénomènes qui sont à l'origine de la minéralisation de ces eaux. Dans cette optique, 12 échantillons des eaux embouteillées au Maroc ont été étudiés. L'analyse descriptive des paramètres chimiques a montré que les eaux sont faiblement minéralisées dans l'ensemble. Les teneurs en bicarbonates, chlorure et calcium sont très élevées. Le diagramme de Piper a révélé que les eaux sont à environ 66% bicarbonatées dont plus de 50% bicarbonaté calcique et magnésien. L'analyse en composantes principales (ACP) a mis en évidence trois groupes dans l'acquisition de la minéralisation des eaux ; faiblement minéralisé (ex : Ain Atlas), intermédiaire (ex : Sidi Harazem) et fortement minéralisé (ex : Ain Ifrane).

Mots clés : Eau commercialisée, Hydrochimie, Faciès

Introduction

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux souterraines sont étroitement liées à la nature lithologique des couches réservoirs. Par ailleurs, La chimie de l'eau reste tributaire, et pour toute utilisation, et de façon directe à la qualité des eaux par conséquent, son suivi et son évaluation sont d'une importance substantielle (Sajil Kumar, 2013) en l'occurrence pour les eaux commercialisées. La détermination des types d'eau profonde a été largement étudiée par différents auteurs pour mieux comprendre les facteurs de contrôle de la chimie des eaux (Aris et al, 2009 ; Benaabidate et Fryar, 2010; Mondal, 2010...). L'évaluation du type d'eau et son faciès chimique sont extrêmement utiles pour donner une idée préliminaire sur les processus hydrochimiques complexes en profondeur (Sajil Kumar, 2013). Certains auteurs (Handa, 1964 ; Hem, 1985) ont remarqué les critères utilisés dans la classification des eaux pour un objectif particulier prenant en considération les concentrations individuelles ne sont pas toujours valables pour d'autres objectifs, alors que les meilleurs résultats peuvent être obtenus en considérant la chimie combinée de tous les ions. De ce fait, dans cette étude, on utilisera deux diagrammes qui appliquent les ions combinés.

Le marché marocain des eaux commercialisées (eau minérale, eau gazeuse, eau de source et eau de table) (Tab.1) est un marché en pleine expansion. D'une valeur de 1,5 milliard de

dirhams, le marché reste dominé par les eaux plates qui représentent 91% de la consommation, dont 70% d'eaux minérales, contre 9% pour les eaux gazeuses.

Tab.1 : Les principales eaux mises en bouteilles au Maroc

Types d'eaux	Nom	Lieu de prélèvement/mise en bouteille
Minérale gazeuze	Oulmès	Lalla Haya : Tarmilate, Région de Khemisset
Minérale plate	Sidi Ali	Lalla Haya : Tarmilate, Région de Khemisset
	Ain Atlas	Hammou Aguemguem, Moyen atlas
	Sidi Harazem	Source Sidi Harazem, région de Fès
	Ain Saiss	Source Ain Saiss, Moyen atlas
Source	Aïn Soltane	Ain Soltane, Immouzer, région de Fès
	Chaouen	Aïn Sahel Kharrouba, région de Tétouan
	Ain Ifrane	Ben Smim, Ifrane.
	Rif	Ain Sahel Kharrouba, Cherfchaouen
Table	Bahia	Les Eaux Minérales d'Oulmès
	Hania	SALIMCO, Berrechid
	Mazine	VCR-SODALMU, Berrechid

Matériels et méthodes

Les analyses des eaux étudiées ont été prises directement des étiquettes des bouteilles disponibles dans le marché (Tab.2). Cette est basée sur une étude comparative entre le diagramme de Piper (1944) et le diagramme de Chadha (1999). Le premier diagramme est d'usage très courant et il est basé sur la projection des pourcentages en milliéquivalents des cations et des anions majeurs sur des diagrammes triangulaires, lesquels sont projetés sur un losange central qui illustre les différents faciès chimiques. Le diagramme de Chadha est basé sur la projection de la différence en pourcentages des milliéquivalents entre les alcalino-terreux (calcium plus magnésium) et les métaux alcalins (sodium plus potassium) sur l'axe X et la différence entre les anions faibles (carbonates et bicarbonates) et les anions dominants (chlorures plus sulfates) sur l'axe Y. Le grand avantage de ce diagramme réside dans le fait qu'il peut être tracé par tous logiciels tableurs (Chadha, 1999).

Tab.2 : Analyses chimiques des eaux étudiées

Composition en mg/l		N°	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
Eaux minérales	Oulmès	1	108.21	57.39	313.5	22,2	854	284	11.22	4.96
	Sidi Ali	2	12.02	8.7	25.5	2.8	103.7	14.2	41.7	0.1
	Ain Atlas	3	17.63	13.13	48	8	216.55	12.42	7.85	3.81
	Sidi Harazem	4	70	40	120	8	355	220	20	4
	Ain Saiss	5	63.5	35.5	8	1	372	19.8	3.8	7
Eaux de sources	Ain Soltane	6	70	44	4	1	402	7.1	3.7	19
	Ain Ifrane	7	67.73	40.61	3	1	402.6	10.65	5.13	5.18
	Chaouen	8	80.4	16.2	14.5	1	309.8	17.5	20.9	0.32
	Rif	9	25.1	7.37	10.6	1	122	14.8	12.5	0.5
Eaux de table	Bahia	10	8.02	7.29	46	1	42.7	78.8	15.69	0.2
	Mazine	11	11.22	9.72	52	1	42.7	88.75	20.55	3.42
	Hania	12	15.23	8.75	36.5	1	36.6	79.87	10.49	1.81

Résultats et discussions

La projection sur le diagramme de Piper (Fig.1) a permis de dégager deux faciès principaux (HCO₃-Ca) représenté par les sources 2, 5, 6, 7, 8 et 9 et (Cl-Na) représenté par les sources 10, 11 et 12 et enfin, (HCO₃-Na) relatif aux sources 1 et 3. Cette représentation graphique de Piper, bien qu'elle permette une visualisation globale des échantillons, n'a pas bien évoqué la répartition géographique des prélèvements d'eau utilisés dans cette étude. Les faciès obtenus sont très hétérogènes avec une prédominance du bicarbonaté calcique. Ces eaux auraient acquis ce faciès par suite d'un lessivage éventuel de la roche bicarbonaté calcique notamment le Moyen Atlas et la Dorsale calcaire du domaine rifain.

Selon le diagramme de Chadha (Fig.2), pour les sources 1 et 3 on HCO₃ > (Cl+SO₄) et Na > (Ca+Mg), alors que pour 10, 11, 12 on Cl > HCO₃ > SO₄. Ce qui confirme bien les faciès déjà trouvés par le diagramme de Piper. Il en est de même pour les sources 5, 6, 7, 8, 9 pour lesquelles on HCO₃ > (Cl + SO₄) et Ca > Mg > Na.

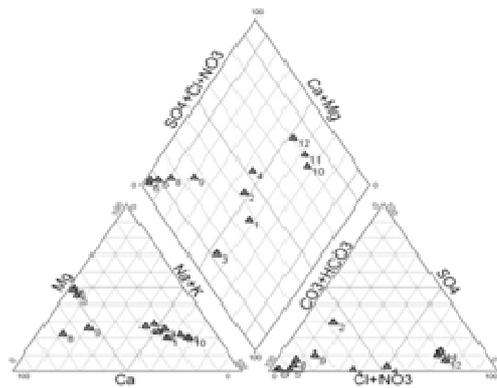


Fig.1 : Diagramme des Faciès chimiques

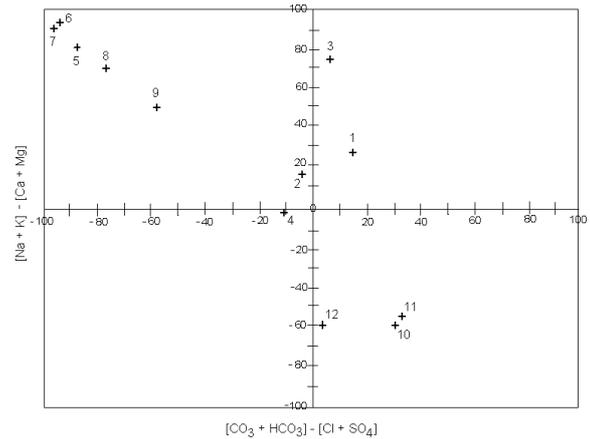


Fig.2 : Diagramme de Chadha

L'analyse descriptive des paramètres chimiques a montré que les eaux sont faiblement minéralisées dans l'ensemble. Les teneurs en bicarbonates, chlorure et calcium sont très élevées. L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a mis en évidence trois groupes dans l'acquisition de la minéralisation des eaux (Fig.3, Fig.4).

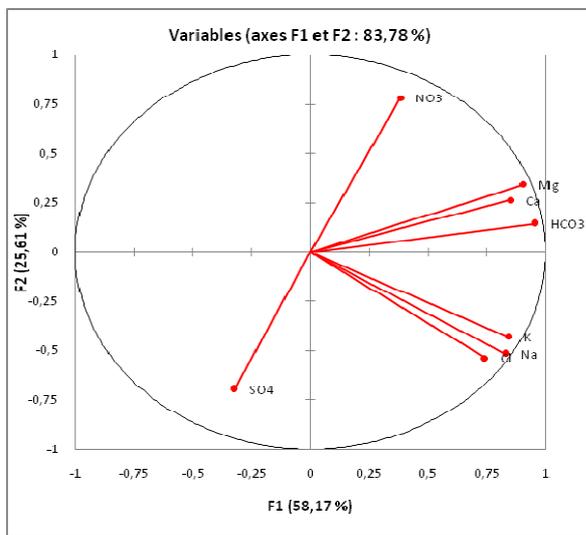


Fig.3 : Graphique des variables

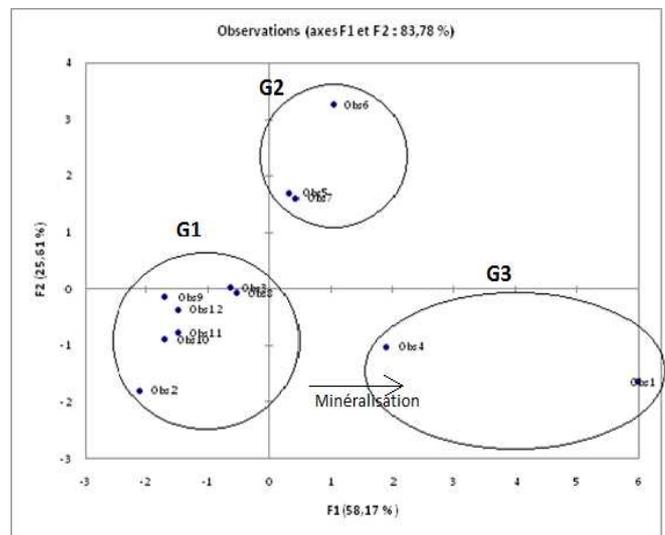


Fig.4 : Graphique des individus

Conclusion

Les eaux marocaines sont caractérisées par une grande diversité des compositions chimiques qui est engendrée certainement par la nature du réservoir d'origine et de la nature des terrains traversés. La détermination des faciès des eaux a été faite les deux diagrammes de Piper et de Chadha, lesquels, à l'exception de la source n°2, tous les faciès obtenus sont

similaires. On note aussi la prédominance du faciès bicarbonaté calcique, ce qui est confirmé par l'analyse en composante principale.

Références

- Aris A.Z, Abdullah M.H., Kim K.W., Praveena S.M., 2009 : Hydrochemical changes in a small tropical island's aquifer : Manukan island, Sabah, Malaysia. *Env. Geol.*,56: 1721 – 1732.
- Benaabidate L. and Fryar A.E., 2010 : Controls on groundwater chemistry in the central couloir sud rifain, Morocco. *Ground Water*, 48 : 306 – 319.
- Chadha D.K., 1999 : “A proposed new diagram for geochemical classification of natural waters and interpretation of chemical data”, *Hydrogeology Journal* 7 (5), 431-439.
- Mondal NC., Singh V.P., Singh V.S., Saxena V.K., 2010 : Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. *Journ.Hydrol.*, 388 : 100 – 111.
- Handa B.K., 1964 : Modified classification procedure for rating irrigation waters. *Soil Science*, 98 : 264 – 269.
- Hem J.D., 1985 : Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, USGS, water supply par n°. 2254 264 : 117 – 120.
- Piper A.M., 1944 : “A Graphical Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analysis”, *Trans. Am. Geophysical Union* 25, 914-923.
- Sajil Kumar, P.J., 2013 : Interpretation of groundwater chemistry using piper and chadha's diagrams : a comparative study from Perambalur Taluk. *Elixir Geosciences*, 54 :12208-12211.

IMPACT DES REJETS DOMESTIQUES ET INDUSTRIELS DES VILLES DE MAGHNIA (OUEST ALGERIEN) ET DE OUJDA (EST MAROCAIN) SUR LES EAUX DE L'OUED MOUILLAH

Lotfi BENADDA¹, Soumia BOULEFRED², Abdelghani Chiboub Fellah³

¹ Doctorant à l'Université de Tlemcen, Membre du laboratoire VRE - Tlemcen
E-mail : lotfisb@yahoo.fr

² Doctorant à l'Université de Tlemcen, Membre du laboratoire VRE - Tlemcen
E-mail : shino-inata@hotmail.fr

³ Professeur à l'Université de Tlemcen, Directeur du laboratoire VRE - Tlemcen
E-mail : chibabghani@yahoo.fr

Résumé :

L'Oued Mouillah est un cours d'eau qui traverse deux principales villes, en l'occurrence, la ville Algérienne de Maghnia (frontière Nord-Ouest Algérien) et la ville Marocaine d'Oujda (frontière Nord-Est Marocain), il reçoit ainsi différents rejets de sources industrielles, agricoles et urbaines issus de ces deux villes suscitées (Maghnia et Oujda).

A la confluence entre l'Oued Mouillah et l'Oued Tafna (l'un des importants cours d'eau Algériens) un barrage au lieu dit « Hammam Bougherara », est réalisé pour régulariser plus de 56 Millions de m³ d'eau, destinés à l'alimentation en eau potable et l'irrigation.

Le suivi de la qualité de l'eau de l'Oued Mouillah est donc une nécessité primordiale pour la protection de cette ressource stockée dans la cuvette du barrage, celle-ci peut accueillir l'ensemble des paramètres polluants rejetés en amont, et le barrage jouera le rôle d'une lagune anaérobie (problème d'eutrophisation).

Pour le suivi de cette qualité, un système d'analyse de l'eau périodique en différents endroits fixes et stratégiques, de l'amont du barrage est effectué. Une étude du comportement des paramètres polluants dans l'espace et dans le temps donnera explication au phénomène de propagation des différents paramètres polluants. Cette étude spatio-temporelle est appuyée par un modèle mathématique permettant de bien cerner le comportement des différents polluants rejetés.

Une synthèse fait suite à l'étude, dans laquelle un constat de la qualité de l'eau est établi avec suggestion des solutions adéquates au problème de la pollution.

Mots Clés :Oued Mouillah, Barrage Hamam Boughrara, Modèle mathématique.Mouillah river, Hammam Boughrara dam, Mathematical model

MISE EN EVIDENCE DE LA POLLUTION ORGANIQUE DES EAUX DE LA PLAINE DE COLLO (W-SKIKDA)

Sayad Lamine⁽¹⁾, Kherici-Bousnoubra Houria⁽¹⁾, Drouiche Nadjib⁽²⁾, Houhamdi Moussa⁽³⁾, Kherici Nacer⁽⁴⁾,

(1) Laboratoire Sol et Hydraulique, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Badji Mokhtar BP 12
Annaba Unité de recherches des techniques de Silicium-Algér

(2) Département de Biologie université 08 mai 1954 Guelma –Algérie

(3) Laboratoire de Géologie, **Faculté des sciences de terre, Université Badji Mokhtar BP 12 Annaba –
Algérie**

Résumé :

Un suivi annuel de l'évolution du chimisme des eaux de la plaine de Collo (eaux de surface et eaux souterraines) fait ressortir une qualité d'eau passable à médiocre jadis cette qualité à été bonne. L'essor économique qui à connue la région c'est percuté fatalement sur les ressources en eau de façon locale et sur ces réserves potentielles sur le plan régional. L'analyse physico-chimiques de certains paramètres (O_2 dissous, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , DBO_5 , PO_4^{-3}) montre un dépassement majeur des ces paramètres par rapport aux normes requises.

Mots clés : plaine de Collo, eaux, pollution organique.

INTENSIFICATION AGRICOLE ET RISQUE DE POLLUTION AZOTEE DES EAUX SOUTERRAINES(Cas du périmètre irrigué de Guelma-Boumahra)

¹ N. KACHI, ² S. KACHI & ³ H. BOUSNOUBRA

¹ Département de S.N.V, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université 8 mai 1945, Guelma, Algérie.

² Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université 8 mai 1945, Guelma, Algérie.

³ Département de géologie, Faculté des Sciences de la terre et Agronomie, Université Badji Mokhtar, Annaba, Algérie

Résumé

L'Algérie a consenti des investissements considérables en matière de mise en valeur agricole en vue d'assurer sa sécurité alimentaire.

L'irrigation a constitué une voie privilégiée du développement agricole et a bénéficié d'une attention particulière des pouvoirs publics ces dernières années.

Le périmètre irrigué de Guelma-Boumahra compte parmi les plus importants du pays contribue activement au développement de la production agricole régionale, et connaît actuellement une intensification des activités agricoles avec usage des produits chimiques (engrais). L'excès d'irrigation peut alors entraîner des nitrates en forte concentration. En conséquence, les eaux souterraines qui constituent une part très importante du patrimoine hydraulique de la région de Guelma sont actuellement menacées.

D'après les teneurs obtenus des paramètres analysés (nitrites, nitrates, ammoniums), on note des concentrations alarmantes supérieures à 40 mg/l à l'exutoire de la nappe et l'excès d'azote est concrétisé sous forme de nitrates.

Quant au sol, la concentration des nitrates dépasse les 25 mg/kg ms en amont et diminue progressivement vers l'aval.

Mots clés : Périmètre irrigué, intensification agricole, eaux souterraines, pollution azotée, Guelma

DOSAGE DE RESIDUS DE PESTICIDES ORGANOPHOSPHORES AU NIVEAU DES SEDIMENTS: CAS DE L'OUED SEYBOUSE ET SES AFFLUENTS DANS LE SOUS BASSIN DE GUELMA-NORD-EST ALGERIEN

GUETTAF Mohamed & IHDENE Zaher MAOUI Amar ,

Département SNV –Université 8 mai 45 Guelm, E-mail : abdelyakine23@yahoo.fr

Résumé :

L'oued Seybouse (second oued d'Algérie après l'oued Chélif) draine l'un des principaux bassins versants du pays (6500km²). Il loge les wilayas de Guelma, Annaba et El-Taref avant de se rejeter dans la mer Méditerranée. Du point de vue de l'importance de son réseau hydrographique et de sa forte anthropisation. La Seybouse est le siège d'importantes décharges de pollution organique et microbienne d'origine agricole, domestique et industrielle.

Afin d'évaluer l'impact des produits phytosanitaires utilisés d'une façon abusive et de décrire la qualité des eaux au niveau de la Seybouse et ses principaux effluents dans le sous bassin de la région de Guelma, il s'est avéré utile de faire une campagne d'étude, pendant le mois de septembre 2013 sur douze points au total, des principaux pesticides organophosphorés utilisés dans cette région.

Le dosage des échantillons de sédiments par chromatographie en phase gazeuse avec un détecteur de spectrométrie de masse nous permis de mettre en évidence pour la première fois l'existence de résidus de pesticides et de produit trop lourds selon leur temps de rétention tout le long de la Seybouse et ses affluents.

Mots clés : Pollution, oued Seybouse, résidus de pesticides, phytosanitaire, produits agricoles

Atelier 03 :

Impacts des changements climatiques sur la recharge des aquifères

ANALYSE FREQUENTIELLE DES PLUIES JOURNALIERES MAXIMALES AU NIVEAU DE LA VILLE DE SIKKDA. (NORD-EST ALGERIEN).

Guechi Salima Enseignante, département de géologie, université Badji Mokhtar-Annaba
salima.guechi@yahoo.fr Beloulou Laroussiet Djourfi Saadane, Enseignants chercheurs ; Laboratoire Ressources
Naturelles et Aménagement, Université Badji Mokhtar- Annaba lrn.univ-annaba.dz

1. Introduction : L'estimation des valeurs extrêmes des pluies causant les risques naturels est une préoccupation majeure des chercheurs dans le monde entier et au niveau national. De ce fait l'objectif essentiel de cette étude est avant tout d'améliorer les connaissances sur les causes des inondations d'une part et d'autre part présenter une estimation des pluies intenses de références au niveau de la région de Skikda correspondant à un temps de retour donné pour l'élaboration des plans de prévention et de gestion du risque de crue dans le cadre d'un développement durable.

2. Cadre général : La région de Skikda est située dans l'extrême Nord-Est algérien et appartient au bassin côtiers constantinois centre. Elle est drainée par un nombre important des oueds exoréiques : Oued Saf-saf, Oued Guebli, Oued Ameer, Oued Stora ...etc. La zone jouit d'un climat méditerranéen humide (700mm /an à Skikda Ville) et d'un couvert forestier dense.

3. Traitement des données collectées (Pluies journalières maximales) :

Pour obtenir des séries prêtes à une bonne interprétation statistique, le problème de vérification de la fiabilité des données est toujours posé. Ainsi les données collectées au niveau des stations pluviométriques Tab.1 (ain Cherchar, Skikda ONM, Bousnib, Ramdane Djamel Zerdezas et Bekouche Lakhdar) couvrant plus ou moins la région d'étude et sur une période allant de 37 ans à 39 ans (1970-2008) ont été testées de point de vue qualité par trois tests non paramétriques (de représentativité, d'homogénéité et de Grubbs et Beck). Les résultats de ces tests confirment la bonne représentativité et l'homogénéité des données, néanmoins certains outliers ont été détectés et sont pris en considération dans le traitement

statistique pour obtenir des échantillons utiles à une bonne analyse fréquentielle.

Tableau.1 Coordonnées des stations traitées.

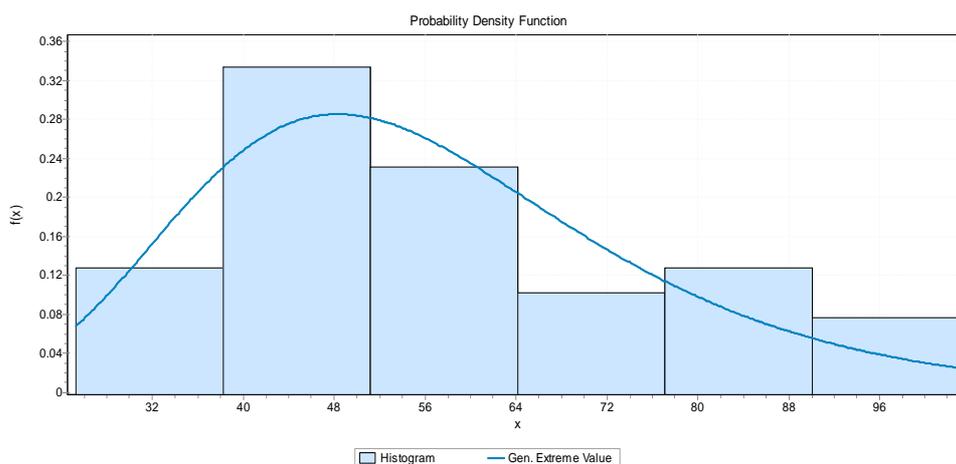
Stations	Codes	Coordonnées des stations		
		X (m)	Y(m)	Z(m)
Ain Cherchar	31201	905500	393280	34
SkikdaONM	30919	881435	411500	42
Bousnib	309.5	882100	362950	900
Ramdane Djamel	30909	874950	389850	50
Zerdezas	30903	875300	374600	200
Bekouche Lakhdar	31102	898999	386205	80

Les résultats de la statistique descriptive sont illustrés dans le tableau Tab.2

Tab.2 Statistique descriptive des séries pluviométriques étudiées

Stations	N	Min	Max	Q _{5%}	D ₁	Q ₁	Med	Q ₃	D ₉	Q _{95%}	\bar{x}	S	CV	Cs
Ain Cherchar	38	26.1	85.5	28.285	34.68	44.075	48.1	67.75	83.5	85.5	54.4	16.5	0.30	0.49
SkikdaONM	39	25.3	103	30.3	32.9	41.5	52.8	72.2	84.9	92.2	56.7	19.6	0.34	0.56
Bousnib	38	22.5	109	22.975	31.84	41.875	50.15	64.85	90.9	102.44	54.6	21.6	0.39	0.89
Ramdane Djamel	39	24.8	124.7	26.8	27.7	36.6	44.2	59.8	90.1	111.2	51.2	23.2	0.45	1.5
Zerdezas	38	24	137	25.14	26.83	32.875	49.55	70.1	104.72	120.37	57.6	29.1	0.5	1.1
Bekouche Lakhdar	38	18.7	82.2	19.365	25.5	36.45	49.8	65.225	77.05	81.82	50.5	17.6	0.35	0.02

Les valeurs des coefficients d'asymétrie ($G_1 > 0$), la forme des histogrammes et les courbes de fréquence étalées vers la droite éliminent l'application de la loi normale (Fig.1).



x : valeurs des pluies journalières maximales

f(x) : densité de Probabilité

Fig.1 Histogramme et courbe de fréquence de la station pluviométrique de Skikda ONM

4. Traitement fréquentielle des données

L'analyse statistique descriptive confirme que la distribution empirique des pluies journalières maximales est asymétrique où les courbes de fréquence sont étalées vers la droite et limitées vers la gauche. Ainsi on a procédé à l'application des distributions théoriques suivantes : Gumbel max (EV1), valeurs extrêmes généralisées (GEV), log Pearson III (LP3), log normal (LN) et la loi Gamma aux séries étudiées. Les paramètres décrivant chaque loi ont été déterminés à partir des données observées (voir Tab.3)

Tab.3 Paramètres des lois de distribution de probabilités appliquées

	Paramètres	Ain Cherchar	Bekouche Lakhdar	Bousnib	Ramdane Djamel	Skikda ONM	Zerdezas
GEV	K	0.04	0.27	0.05	0.21	0.04	0.14
	δ	13.99	17.95	16.4	13.78	16.71	19.66
	μ	46.90	44.07	44.27	39.62	47.66	43.02
Gumbel Max	δ	12.87	13.72	16.86	18.13	15.29	22.68
	μ	47.02	42.6	44.90	40.77	47.87	44.48
Gamma	α	10.88	8.24	6.38	4.85	8.36	3.91
	β	5.006	6.13	8.56	10.55	6.78	14.70
Log Pearson III	α	595.15	8.06	0.38	10.96	1817.1	58.6
	β	0.01	0.14	3.92	0.12	0.008	0.06
	γ	11.4	4.97	0.18	2.53	18.81	0.28
Log Normal	δ	0.301	0.38	0.38	0.39	0.34	0.47
	μ	3.953	3.85	3.93	3.85	3.98	3.94
Frechet	α	3.72	2.74	2.98	3.08	3.32	2.47
	β	44.41	38.13	41.48	38.53	44.64	40.21

Les quantiles correspondant à des périodes de récurrences allant de 2, 5, 10, 25, 50 et 100 ans sont mentionnés dans le tableau 4

Tableau.4 Résultats de l'analyse fréquentielle

T(an)	2	5	10	25	50	100
Ain Cherchar						
GEV	51.7	67.15	77.11	89.42	98.35	107.05
Gumbel max	51.56	66.33	76.11	88.5	97.6	106.7
Log Pearson3	52	67.3	76.9	88.6	97	105.2
Gamma	52.6	67.6	76.5	86.8	93.9	100.5
Frechet	49.01	66.5	81.3	104.5	126.8	153.1
Log Normal	51.8	67	76.6	88.4	96.9	105.3
Bekouche Lakhdar						
GEV	50.3	66.1	74.2	82.3	87.1	91
Gumbel max	47.6	63.2	73.5	86.5	96.1	105.7
Log Pearson3	49.4	66	75	84.5	90.5	95.7
Gamma	48.5	64.4	73.9	85.1	92.8	100.1
Log Normal	47.2	65.3	77.5	92.9	104.4	116.1
Frechet	43.6	65.9	86.7	122.6	158.5	204.5
Bousnib						
GEV	50.3	69.9	83.4	101.4	115.3	129.6
Gumbel max	51.1	70.2	82.8	98.8	110.7	122.5

Log Pearson3	50.9	70.5	83.6	100.1	112.3	124.6
Gamma	51.8	71.5	83.5	97.7	107.6	117.03
Log Normal	50.8	70.2	83.1	99.6	111.9	124.2
Frechet	46.9	68.5	88.1	121.1	153.2	193.6
Ramdane Djamel						
GEV	44.9	64	79.5	102.9	123.7	147.6
Gumbel max	47.4	68	81.2	98.8	111.5	124.2
Log Pearson3	45.3	64.9	80.2	102.4	121.1	142
Gamma	47.8	69.1	82.4	98.2	109.4	120.1
Log Normal	47.1	65.7	78.2	94.1	106	118
Frechet	43.4	62.7	79.9	108.8	136.7	171.4
Skikda ONM						
GEV	53.7	72	83.7	98	108.2	118
Gumbel max	53.5	70.8	82.3	96.8	107.5	118.2
Log Pearson3	53.6	71.7	83.4	97.8	108.3	118.7
Gamma	54.4	72.2	82.8	95.2	103.8	111.9
Log Normal	53.5	71.4	83.1	97.6	108.3	118.9
Frechet	49.8	70.2	87.9	117.1	144.8	178.7
Zerdezas						
GEV	50.4	75.9	95.2	122.7	145.6	170.8
Gumbel max	52.8	78.5	95.5	117.04	132.9	148.8
Log Pearson3	50.3	76.2	95.8	123.5	146.2	170.8
Gamma	52.7	79.6	95.6	117.1	131.7	145.7
Log Normal	51.4	76.4	93.9	117.2	135.2	153.7
Frechet	46.6	73.7	99.8	146.4	194.6	257.9

5-Choix de la loi de distribution adaptée

La fiabilité des lois de distribution adaptées a été confirmée par les tests graphiques : Quantile-quantile plot (Q-Q- plot), probabilité-probabilité plot (P-P plot) et les tests d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov, d'Anderson-Darling et de X^2 de Karl Pearson et enfin par la méthode de dénombrement. La loi des valeurs extrêmes GEV semble être la mieux adaptée, ainsi l'analyse fréquentielle retenue sera celle calculée par la loi GEV dans chaque station.

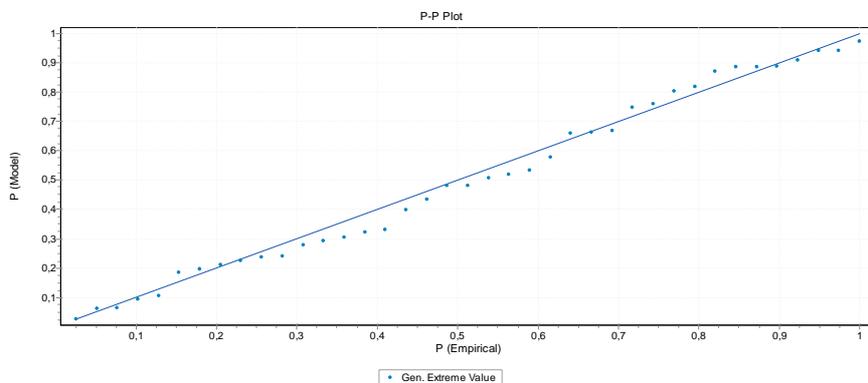


Fig.2 Tests graphique de l'ajustement des pluies journalières maximales à une GEV

Tableau. 5 Résultats des tests d'adéquation de l'ajustement des pluies journalières maximales au niveau de la station Skikda ONM :

N	Distribution	Kolmogorov-Smirnov		Anderson-Darling		Chi-squared	
		Statistique	rang	Statistique	rang	Statistique	Rang
1	GEV	0.07881	1	0.25484	1	6.3781	6
2	Log Pearson 3	0.08017	3	0.25536	2	6.1719	5
3	Gumbel max	0.08729	4	0.33641	5	5.2085	3
4	Freshet	0.10225	6	0.62613	6	1.5079	1
5	Log normal	0.07992	2	0.26833	3	6.1225	4
6	Gamma	0.08989	5	0.30247	4	2.8985	2

Tableau.6 Résultats des tests d'adéquation de l'ajustement des pluies journalières maximales au niveau de la station Skikda ONM par la méthode de dénombrement :P

	T(an)	Freshet	GEV	Gumbel max	Log Pearson 3	Log normal	Gamma
0.99	100	0	0	0	0	0	0
0.98	50	0	0	0	0	0	0
0.9	10	4	4	4	4	4	4
0.8	5	10	10	10	9	10	10
0.5	2	21	19	19	19	19	18

Explication : Dans une série annuelle ou $N = 38$ le nombre observé des valeurs \geq aux pluies correspondant à une durée de retour de dix (10) ans est théoriquement ≥ 4 .

6. Conclusion : Il est nécessaire de réaliser une bonne analyse fréquentielle des pluies journalières maximales. Cette analyse doit être associée à une étude fréquentielle des débits maximaux correspondant à chaque valeur extrême de pluie ce qui permet de prédire les effets néfastes des crues au niveau de la région de Skikda.

Bibliographie:

[1] Javier-Polo Ferrer, Analyse statistique des pluies maximales journalières : comparaison de différentes méthodes et application au bassin Guadalhors Espagne. Hydrol .continent, vol 7, N°1, 1992: 23-31

[2] Hubert Onibon et al, Analyse fréquentielle régionale des précipitations journalières maximales annuelles au Québec, Canada. Hydrological sciences journal 49 (4) Aout 2004.

EVALUATION DE LA CONTRIBUTION DU SECTEUR DE PRODUCTION DES FERTILISANTS EN ALGERIE AU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE

Ali MAKHLOUF*, Tayeb SERRADJ, Hamza CHENITI, Said GUERRAICHE
Département des mines, Université BADJI Mokhtar Annaba BP 12, 23000 Annaba, Algérie
Laboratoire de Métallurgie Physique et Propriétés de Matériaux (LM2PM), Annaba, Algérie

*E-mail: almakhsme@gmail.com

Résumé

Le but principal de ce document est l'utilisation de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV), pour l'évaluation de la contribution de l'industrie des fertilisants en Algérie au réchauffement Climatique par quantification de l'émission des Gaz à effet de Serre (GES) liée à cette activité industrielle restée pour long temps loin des préoccupations des scientifiques. Pour la réalisation de cet objectif, le cycle de vie d'un fertilisant appelé « Calcium Ammonium Nitrate » qui contient 27% d'Azote (N) (CAN 27%N) a été étudié. L'unité fonctionnelle (UF) sélectionnée comme référence, est la production d'une (01) tonne de CAN. Pour réaliser le but de cette étude, un Inventaire de Cycle de Vie (ICV) de la production du CAN a été réalisé. Les résultats ont montrés que la production d'ammoniac et de l'acide nitrique sont les sous-systèmes qui présentent la grande partie des émissions des GES.

Keywords: Algérie, ACV, Fertilisant, GES, Unité Fonctionnelle.

1. Introduction

L'industrie des fertilisants nécessite d'importantes quantités de ressources et provoque plusieurs effets négatifs sur l'environnement, des études ont estimé que la production des fertilisants présente actuellement environ 2 à 3% de la consommation mondial d'énergie [1], et elle est responsable d'environ 1,2% de l'émission globale des Gaz à Effet de Serre (GES) [2]. En 2010, la production mondiale du CAN a atteint les 13,9 Millions de Tonne [3].

Les procédés de production sont optimisés continuellement, et cela, est pour répondre aux exigences économiques d'un marché mondial en extension continue. Cependant, les questions environnementales, n'ont pas reçu beaucoup d'importance pour longtemps [4]. Les études du cycle de vie impliquent de nombreuses disciplines scientifiques, en général, l'ACV devrait inclure l'industrie des hydrocarbures, l'industrie minière, le transport des matières premières, la consommation d'énergie et la gestion des déchets générés par l'activité industrielle, dont l'ensemble comprend un système vaste et complexe [5].

Cette étude, analyse les phases de production de CAN (Berceau-à-la Porte), en vue d'identifier et de mesurer les impacts conséquentes sur l'environnement. L'objectif est de fournir aux concernés une information utile pour analyser et identifier toutes ces étapes de cycle de vie qui ont des impacts importants.

2. Matériels et méthodes

Pour cette étude, une ACV a été développée et mise en œuvre par l'utilisation de la famille ISO 14040. L'ISO 14040:2006 spécifie les principes et le cadre pour la réalisation d'analyses du cycle de vie. A son tour l'ISO 14044:2006 établit les exigences et fournit les lignes directrices pour la réalisation d'une ACV, cette dernière se compose de quatre phases: la définition des objectifs et du champ de l'étude, l'inventaire du cycle de vie, l'évaluation de l'impact du cycle de vie et l'interprétation du cycle de vie [6, 7].

2.1. Les indicateurs d'impact

Deux catégories d'indicateurs d'impacts environnementaux sont distinguées dans notre étude: Les indicateurs «Ressources» caractérisent les consommations réelles de ressources (matière première et énergie) qu'engendre le produit sur l'ensemble de son cycle de vie.

- Utilisation des ressources [8, 9]:

Demande d'Énergie Cumulée (DEC), c'est une mesure de la quantité totale des ressources énergétiques (énergies primaires) nécessaires pour livrer un produit ou un service, la DEC peut être divisée entre la partie des énergies primaires renouvelables et non renouvelables.

- Le Potentiel de Réchauffement Global (PRG) en équivalent dioxyde de carbone: est l'équivalent basé sur la masse du forçage radiatif des émissions de GES, basé sur la force spécifique de CO₂ [8, 10].

3. L'ACV du CAN 27% N

3.1. Contexte de l'étude

Le système étudié, fonctionne sur deux sites industriels différents séparés par près de 800 km (extraction et traitement du gaz naturel dans la première et production des fertilisants dans le second), qui exige un transfert de gaz par pipeline. L'étude est menée à partir de l'extraction de gaz naturel jusqu'à la mise en vente de produit fini, en passant par le transport de gaz, la production d'ammoniac, d'acide nitrique et les différentes étapes de production du CAN.

3.2. Description de système

Une Modélisation primaire peut être faite sous la forme d'un arbre de synthèse des processus pour donner un aperçu du système étudié et les différentes étapes qui composent le cycle de vie. La figure ci-dessous illustre les différents processus de l'unité. Pour prendre en compte les matériaux et l'énergie qui entre dans le système, deux limites du système ont été définies pour cette analyse (figure 1). La frontière cumulative du système (ligne continue) présente les matériaux et l'énergie utilisés dans tous les processus. La deuxième frontière (ligne discontinue) est la limite du système étudié, cette seconde limite présente les processus pour lesquels des données primaires ont été recueillies directement auprès des unités de production.

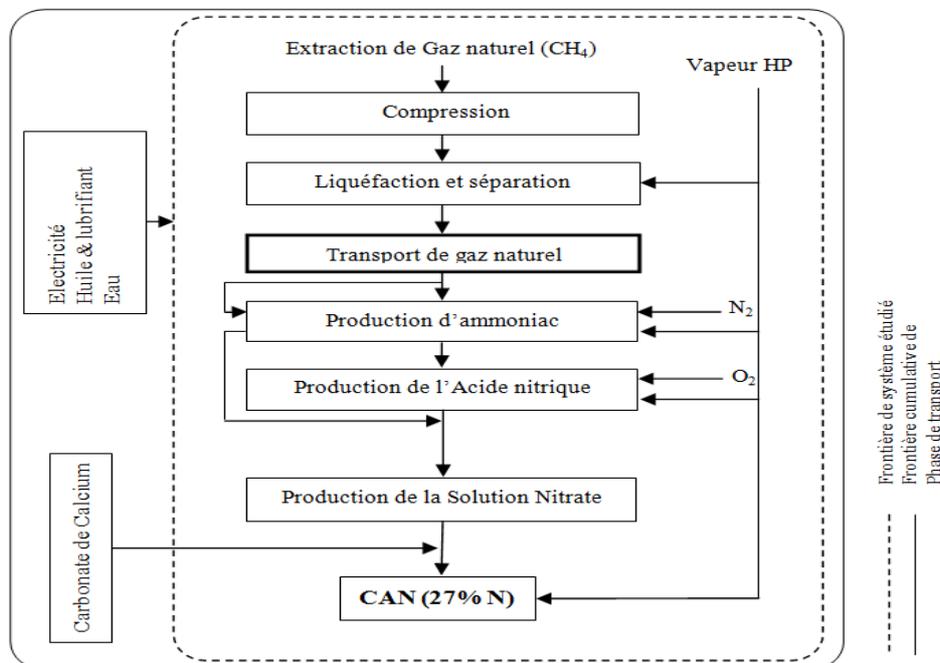


Figure.1 Frontières du système pour la production du CAN

3.3. Qualité des données et Inventaire de Cycle de Vie

L'inventaire des données implique la quantification de tous les flux élémentaires (extractions et émissions) échangés avec l'environnement, franchissant ainsi les limites du système. Pour ce faire, nous établissons un inventaire de production, qui inclut toutes les entrées et les sorties des flux intermédiaires [11]. Pour la réalisation de l'inventaire des entrées relatives à la production de CAN 27%N, des données primaires ont été collectées à partir d'une enquête de terrain.

4. Interprétation des résultats

4.1. Réchauffement Climatique

La production d'une tonne de CAN (27% N) contribue au réchauffement climatique par génération des GES par 1,849 t CO₂ éq. Les principaux gaz à effet de serre sont le CO₂, N₂O et le CH₄, le CO₂ présente 34,53%, le N₂O 62,98% et le CH₄ 2,47% de la quantité totale émise.

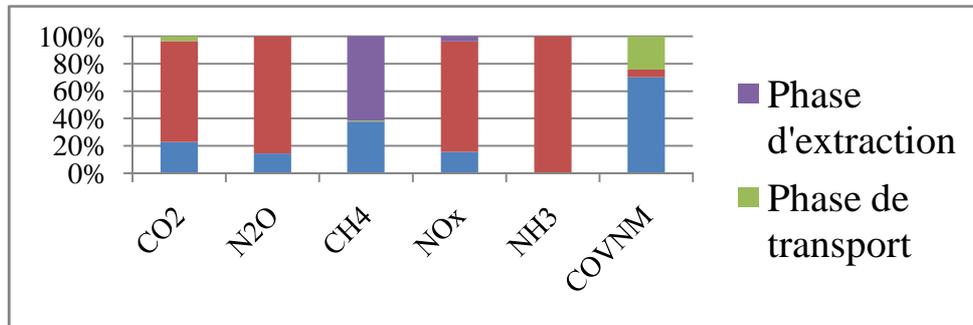


Figure 2. La contribution des principaux facteurs d'émission dans les phases du cycle de vie

Le CO₂ est généré principalement dans l'unité de l'ammoniac, son émission est due à la combustion de fuel gaz pendant le reforming de gaz de procédé par 70,35%, à la génération d'électricité par 22,84%, les compresseurs utilisés dans le transport du gaz par 3,42%, et la production de vapeur par 3,01%. L'extraction de gaz et émet 97,82% du CH₄ émis dans l'atmosphère, son transport 1,31%, et la génération d'électricité 0,6%. La génération de N₂O est principalement due à la production de l'acide nitrique par 99,77%.

4.2. Utilisation des ressources

- La Demande d'Energie Cumulée (DEC) est de $20,542 \times 10^3$ MJ/t de CAN, cette quantité est utilisée principalement pour fournir de l'énergie au système (la génération d'électricité, la production de vapeur), les énergies non renouvelable (gaz, pétrole et charbon) présentent 99,99% de la DEC totale.

4.3. Comparaison des résultats

Les résultats liés au procédé objet d'étude sont présentés dans l'annexe A (procédé de production Algérien). Le Tableau 4 montre les résultats d'émission des GES pour des études antérieures. Wood and Cowie (2004) ont déterminé une moyenne européenne de 1,82 T CO₂ eq/t CAN. Kool et al, (2012) ont déterminé une moyenne mondiale de 2,61 T CO₂ eq/t CAN, Kool et al, (2012) expliquent ça, par la prise en compte des émissions additionnelles pour la production et le transport des carburants fossiles.

Table 4 : Les résultats d'émission des GES pour la production d'une tonne de CAN

Région	Valeur	Unité t/t	Référence
Moyenne Européenne	1,982	CO ₂ eq/ t CAN	[12]
Moyenne mondiale	2,567		[13]
Europe de l'Ouest	2,208		
Chine et Inde	3,261		
Reste du monde	2,249		

5. Conclusion

Dans cette étude, nous présentons les résultats d'une Analyse de Cycle de Vie d'une tonne de CAN produite en Algérie, et les résultats montrent que l'émission des GES est de 1,849t CO₂ eq/t de CAN. Les résultats montrent que le procédé de production de CAN Algérien, est aussi caractérisé par sa demande d'énergie élevée (20,542x10³MJ).

Malgré le fait que l'industrie européenne est plus développée que celle en Algérie, on peut remarquer que l'impact lié au procédé algérien est proche à l'émission mondiale moyenne des GES (1,849t CO₂/t CAN). Cette différence pourrait être liée aux processus amont (traitement et transport du gaz naturel). La matière première utilisée dans le procédé algérien (gaz naturel) est extraite directement du champ d'exploitation de Hassi R'mel au sud de l'Algérie. La matière première utilisée dans les procédés européens est transportée de la Russie, des Pays-Bas et aussi du moyen orient et aussi de l'Algérie. La longueur et la complexité du processus de traitement de gaz naturel dans les procédés européens, ont une influence directe sur le taux de pollution générée.

Références

1. European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control Reference. Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids and Fertilisers, (2007).
2. G. Kongshaug, Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production, IFA Technical Conference. Marrakech, Morocco, (1998).
3. IFA, Annual Production and International Trade Statistics: Production and trade statistics covering nitrogen, phosphate, potash and sulphur products: production, exports, imports from 1999 to 2010, (2012).
4. C. Koroneos, G. Roumbas, Z. Gabari, E. Papagiannidou, Moussiopoulos, Life cycle assessment of beer production in Greece, Journal of Cleaner Production No. 13 433 439 (2005).
5. A.A. Jensen, LCA on the Right Track, The International Journal of Life Cycle Assessment No. 1 121. Editorial (1996).
6. International Standard Organization (ISO), Environmental management—Life cycle assessment: Principles and framework. ISO14040, Geneva (2006)
7. International Standard Organization (ISO), Environmental management—Life cycle assessment: Requirements and Guidelines. ISO14044, Geneva (2006).

8. GEMIS. 47, Life Cycle Assessment Software Package, Global Emission Model for Integrated Systems. Version 4.7. Berlin Office : Novalisstr, 10 D-10115 Berlin. (2011).
 9. Hauschild MZ., Potting J., 2005. Spatial differentiation in Life Cycle impact assessment: The EDIP2003 Method, Environ news, vol 80. Danish ministry of the environment, Copenhagen, 195p.
 10. Sporyshev P. V., Kattsov V.M., 2006. Spatiotemporal features of global warming, Doklady Earth Sciences, Vol 410 (1), 1160-1165.
 11. D.J. Kennedy, D.C. Montgomery, B.H. Quay, Data Quality- Stochastic Environmental Life Cycle Assessment Modeling, The International Journal of Life Cycle Assessment No.1 199 207 (1996).
 12. S. Wood., and A. Cowie., 2004. A review of greenhouse gas emission factors for fertilizer production. Cooperative Research Centre for Greenhouse Accounting, for IEA Bioenergy Task 38
- Kool., M. Marinussen., H. Blonk., (2012). LCI data for the calculation tool Feed print for greenhouse gas emissions of feed production and utilization. GHG Emissions of N, P and K fertilizer production. Blonk Consultants, Gravin Beatrixstraat 34, 2805 PJ Gouda, Netherlands.

DE QUELQUES PARAMETRES PHYSIQUES, CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED BOUNAMOUSA NORD-EST ALGERIEN

¹Bouzeria Hocine, ²K.Khanchoul, ³N.Ghenim Abderrahmen

¹Université AbouBakr Belkaid - Tlemcen, Algérie, ²Université Badji Mokhtar - Annaba, Faculté Sciences de la Terre, ³Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen, Faculté de Technologie, h0u88@hotmail.fr

RESUME.

Dans un bassin versant, l'arrachement des particules sédimentaires de leurs emplacements d'origine, leurs déplacements et leur dépôt, dépendent de nombreuses caractéristiques qui peuvent être soit physiques, tel que le relief, la nature géologique, les sols, la végétation, l'occupation des terres, la morphologie du réseau de drainage, soit à des caractéristiques hydrologiques. Dans ce travail on s'est intéressé à la disposition du réseau hydrographique qui est souvent le miroir de certains traits de l'évolution des phénomènes structuraux. Il fournit une première approximation de la sensibilité lithologique vis à vis de l'érosion. Il est pour objectif de fournir une première estimation de l'intensité de l'érosion hydrique à l'aide de quelques paramètres physiques dont la densité de drainage ou la fréquence des talwegs est choisie comme une variable dépendante.

Les paramètres morphométriques qui régissent le régime hydrologique des cours d'eau sont regroupés en deux types de relations morphométriques : relations de surface (surface, densité de drainage, fréquence des talwegs et indice de compacité), relations de relief (intégrale hypsométrique, altitude moyenne, coefficient orographique, énergie du relief). Un autre paramètre est utilisé dans cette analyse, il s'agit de l'indice lithologique.

Les réseaux hydrographiques des sous-bassins ont été réalisés à la base du modèle numérique de terrain et générés ensuite à partir du WMS (Watershed Modelling System). L'utilisation des outils de WMS et ArcGis 10 ont permis de déterminer les différents paramètres physiques.

MOT CLE : Bassin versant, Erosion, Morphometrique, SIG.

1. Introduction

Depuis plusieurs décennies, l'intensification de l'agriculture a accentué la dégradation des sols agricoles de l'Algérie. Les sols des régions semi arides et arides subissent de façon variable aux effets de l'érosion hydrique, principal facteur de la dégradation de cette ressource. Peu de travaux sur la compréhension des flux hydro-sédimentaires ont été réalisés dans le nord-est algérien. La lutte contre l'érosion hydrique en particulier et la complexité de ce phénomène imposent aujourd'hui l'utilisation de méthodes, modèles et moyens performants pour la gestion de l'information géographique tels que la télédétection et le SIG. C'est dans cette optique que s'intègre ce modeste

travail, dont l'objectif principal est de fournir une première estimation de l'intensité de l'érosion hydrique à l'aide de quelques paramètres physiques, dans le bassin versant de l'oued Bounamoussa 499 km².

2. Description De La Zone D'Etude

Le bassin, contrôlé par la station hydrométrique de Med Tayeb se situe au cotiers constantinois Est, sur l'Oued BOUNAMOUSA à 50 Km au Sud-Est d'Annaba. Il occupe une superficie de 499 km². Le cours d'eau principal de l'Oued Bounamoussa est formé de la réunion de deux Oueds : l'Oued Kebir de l'Ouest qui prend sa source au sommet du sommet du KOUDIAT BEN AHMED.

L'Oued BOUHADJAR qui rejoint le KEBIR à la hauteur du village de LAMY. Le BOUHADJAR issue de FEDJ EL AHMED à 1.14 m draine un bassin versant de 250 km².

Au confluent avec le BOUHADJAR le KEBIR draine un bassin de 420 km² constitué de zone montagneuse de MEDJARDAH.

En aval de la plaine de CHAFFIA, l'Oued KEBIR devient l'Oued BOUNAMOUSA.

Les massifs montagneux sont essentiellement constitués par : Des terrains de l'éocène supérieur et de l'oligocène, terrain dit numidien. Ce sont des alternances d'argiles et de grès. Les dépressions

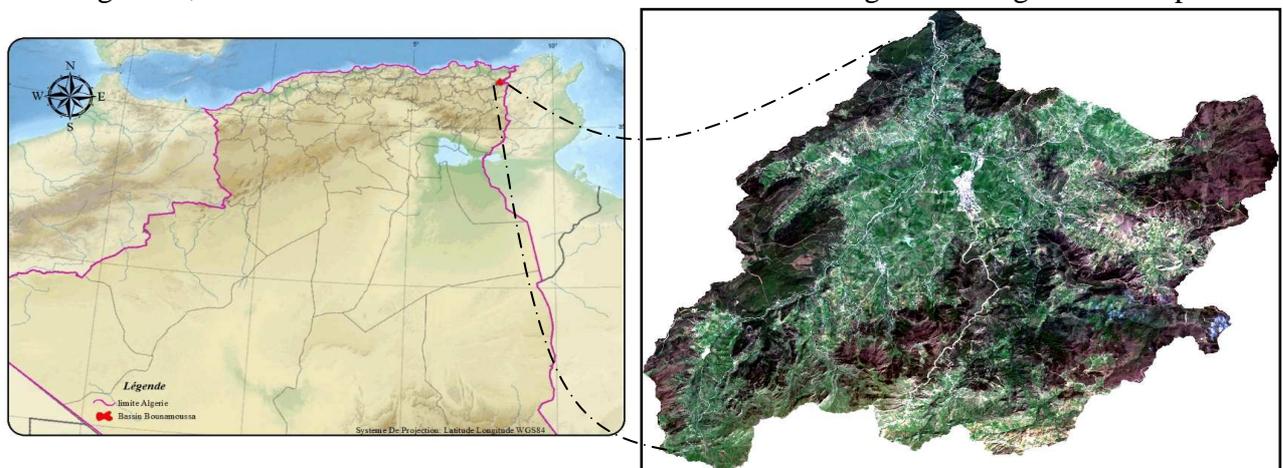


Fig.1 Description de la zone d'étude

3. Méthodologie

Données Topographiques

Pour des raisons de disponibilité, et a titre pédagogique, notre choix s'est porté sur les données Aster GDEM (Global Digital Elévation Model). Cette mission fournit, en effet, des MNT gratuits et accessibles depuis Internet. Ceci représente, un atout non négligeable tant les MNT possèdent un rôle important en termes d'analyse spatiale et leur intégration au sein de

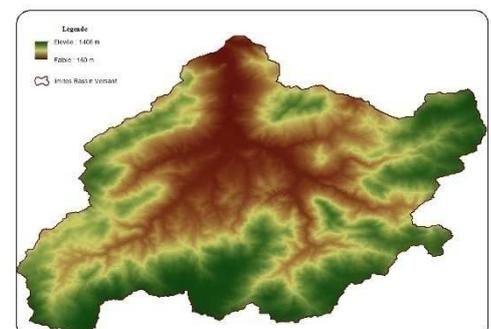


Fig.2MNT Traité

système d'information géographique.

Elaboration d'un MNT Hydrologique

Il consiste à traiter le MNT brut, et à remplir aussi les dépressions, en augmentant l'altitude des cellules au niveau du terrain environnant. Ces dépressions sont dues à plusieurs erreurs commises lors de la construction du MNT (lors de l'interpolation).

Cet effet peut empêcher l'écoulement de l'eau et fausser le réseau hydrographique. On effectue cette étape pour permettre à l'eau de couler à travers le paysage et ensuite déterminer le sens d'écoulement.

Carte des aspects

La carte des aspects joue un rôle important dans l'étude hydrologique. Cette dernière a une relation directe avec les autres traitements tels que la direction d'écoulement.

Carte des pentes

La carte des pentes a aussi un rôle important pour déterminer la direction d'écoulement et d'autres caractéristiques telles que :

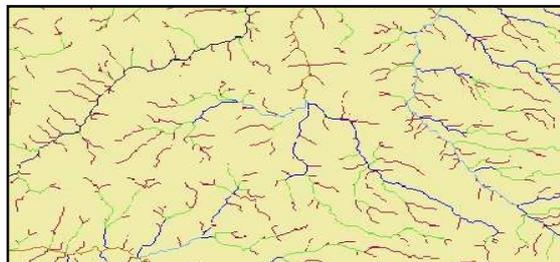
l'accumulation de l'écoulement et les cours d'eau.

Détermination du sens d'écoulement

Le sens d'écoulement est déterminé en utilisant l'algorithme D8. Ce dernier prend en compte le huit (8) cellules voisines du point considéré et calcule la dénivelée maximale entre la cellule centrale et ses huit (8) voisines, ainsi sera défini le sens d'écoulement de chaque cellule du terrain selon la direction de la plus forte pente déterminée.

Accumulation d'écoulement

A partir de la matrice des écoulements qui nous a permis de déterminer les sens



d'écoulements, il est possible de calculer les surfaces drainées. Les cellules situées en amont d'une cellule donnée selon les directions d'écoulements sont écoulés dans cette même cellule du MNT. Ainsi la surface drainée sera donnée par le produit de la somme des cellules et la taille du pixel.

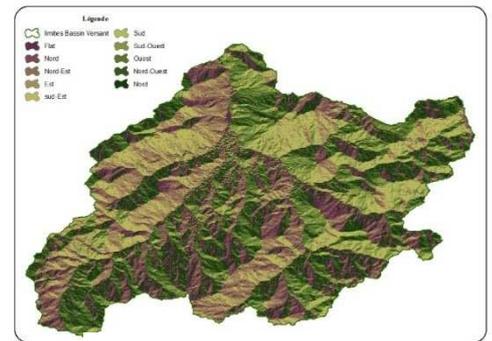


Fig.3 Carte Des Aspects

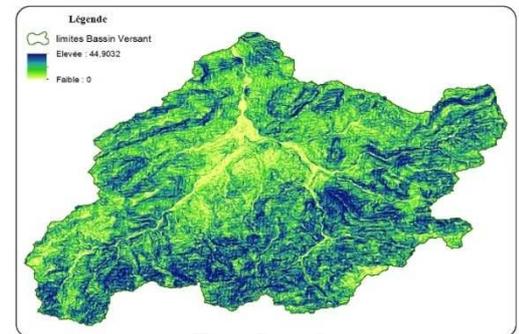


Fig.4 Carte Des pentes

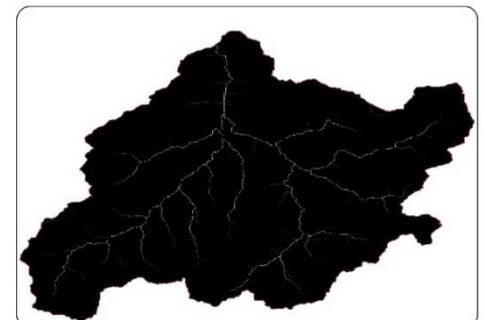


Fig.5 Accumulation d'écoulement

Autrement dit que L'accumulation d'écoulement peut être traduite par une trame continue représentant les précipitations moyennes pendant un orage donné. Le rendement de l'accumulation d'écoulement représenterait alors la quantité de pluie qui traverserait chaque cellule, supposant que toute la pluie est devenue écoulement et il n'y avait aucune interception, évapotranspiration, ou perte aux eaux souterraines. Ceci pourrait également considérer comme quantité de pluie qui est tombée sur la surface de la plus grande pente de chaque cellule.

Extraction du réseau hydrographique

Les réseaux hydrographiques peuvent être extraits à partir d'un Modèle Numérique de Terrain (MNT) à l'aide de la sortie générée par la fonction « Accumulation de flux ». L'accumulation de flux, dans sa forme la plus simple, correspond au nombre de cellules en montée qui s'écoulent dans chaque cellule. En appliquant une valeur de seuil aux résultats de l'outil « Accumulation de flux » à l'aide de l'outil « Con ».

Hiérarchisation d'écoulement

L'objectif de cette fonction est de segmenter un réseau

hydrographique. L'hiérarchisation d'écoulement est une méthode d'attribution d'un ordre numérique aux liaisons d'un réseau hydrographique. Cet ordre est un moyen qui permet d'identifier et de classer des types de cours d'eau en fonction de leur nombre d'affluents. Certaines caractéristiques des cours d'eau peuvent être devinées, sans difficultés, d'après leur ordre.

Vectorisation d'un réseau hydrographique

Un réseau linéaire en raster peut être converti avec précision aux entités représentant le réseau linéaire à l'aide de la fonction « Stream to Feature ». L'algorithme

«Stream to Feature» est optimisé de manière à utiliser un raster de direction d'écoulement pour permettre la vectorisation des cellules qui se croisent et sont adjacentes

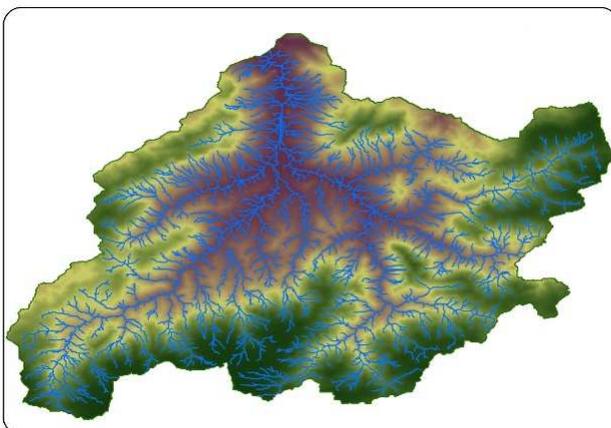


Fig.6 Hiérarchisation d'écoulement

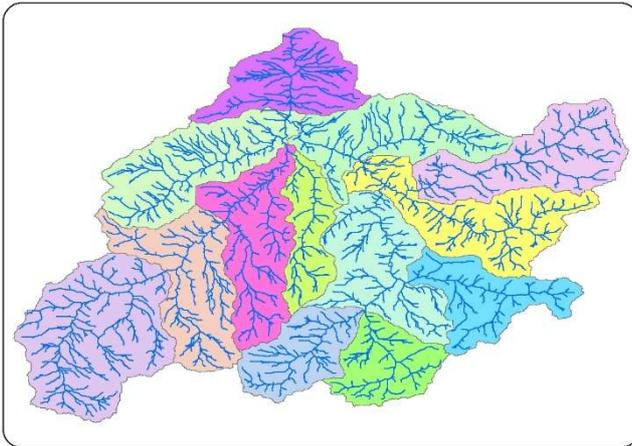


Fig.8 Découpage du bassin versant

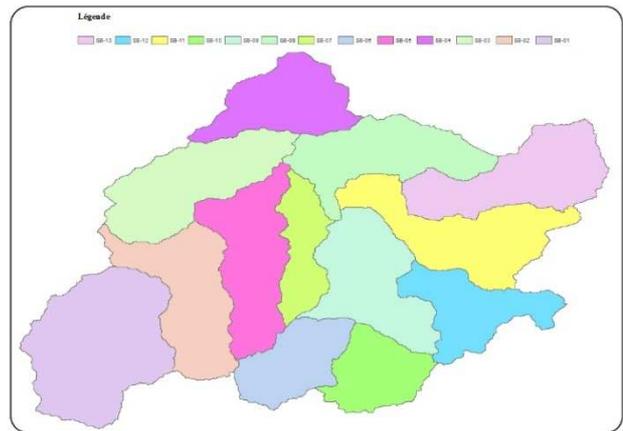
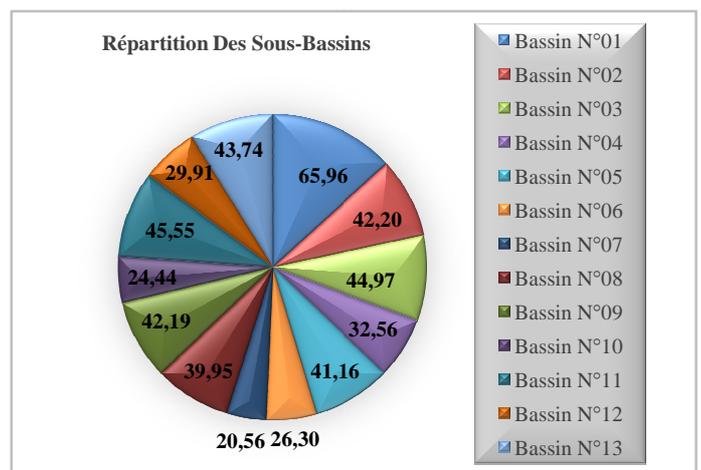
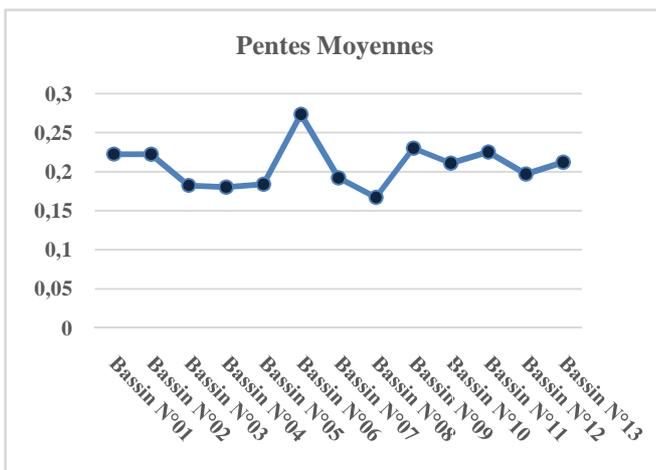
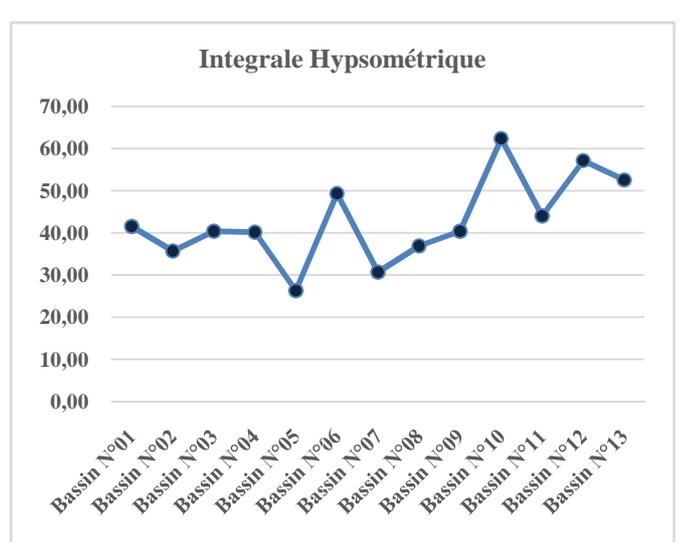
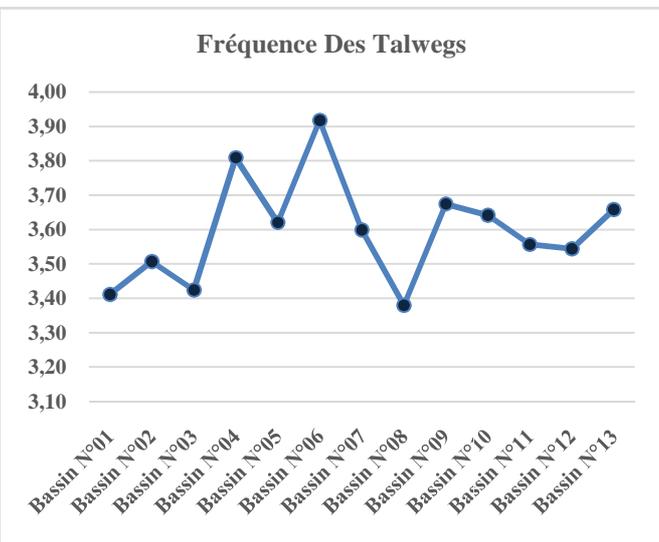
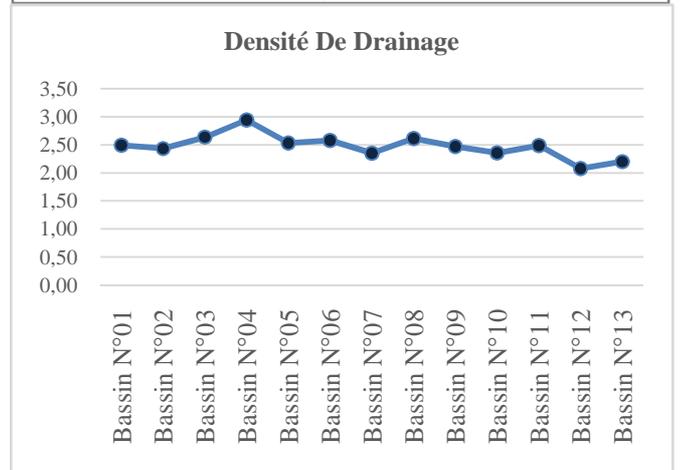
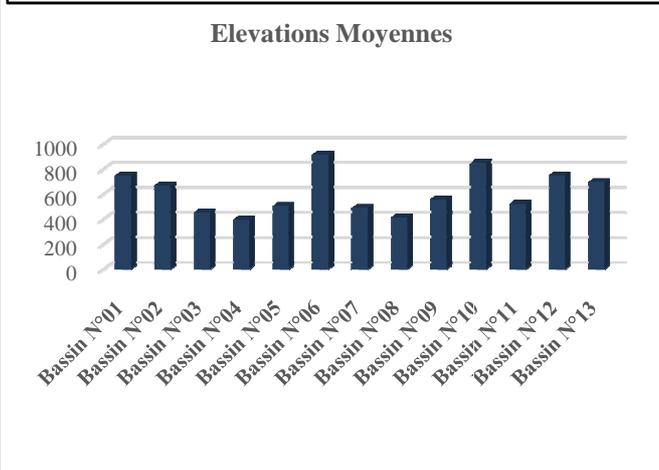
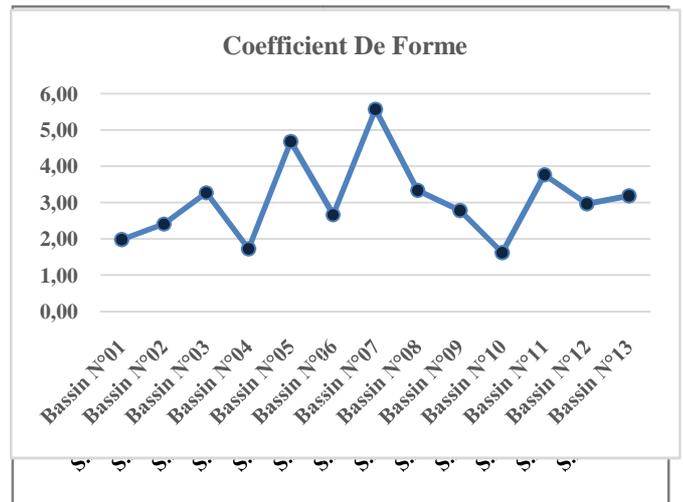
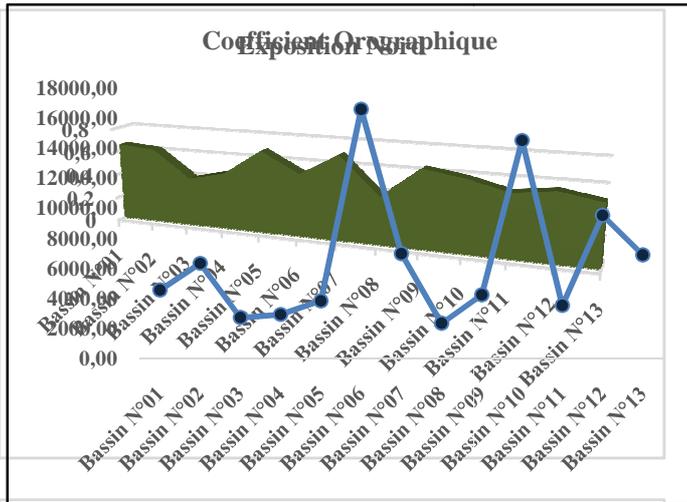


Fig.7 Réseau hydrographique

Résultats





4. Conclusion

En prenant la densité de drainage comme une variable dépendante, l'analyse statistique de la régression multiple a donné un coefficient de détermination égal à 0,97 ; cependant, la fréquence des talwegs a pu expliquer 91% de cette relation multivariée. Ces résultats montrent une forte interaction entre les variables dépendantes et variables indépendantes. De ce fait l'érosion hydrique est fortement influencée par les suscités paramètres.

DEVELOPPEMENT D'UN LOGICIEL DE SIMULATION DES DONNEES HYDROCLIMATIQUES. EXEMPLE D'UN AQUIFERE EN ZONE SEMI-ARIDE

Ali Rahmani Salah Eddine¹, Chibane Brahim¹, Boucefiene Abdelkader²
Author contact : alirahmani101990@gmail.com / salirahmani@usthb.dz

Phone + 213 0669606978

¹ Géo-environnement Laboratory FSTGAT, USTHB BP 32 EL ALIA 16111 BAB EZZOUAR ALGER. Algeria

²University of Khemis Miliana , Algeria

1. Introduction

En zone semi-aride, l'eau souterraine est la ressource la plus sollicitée pour satisfaire les besoins de la population, de l'agriculture et de l'industrie.

Par les effets de changements climatiques, la surexploitation et l'accroissement de la demande pour l'alimentation en eau potable (AEP), l'irrigation et l'industrie ; nos ressources en eau souterraines sont modifiées en terme de quantité et de qualité.

Afin de gérer les ressources en eau disponible d'une manière rationnelle il est important de comprendre les processus de recharge, d'alimentation des nappes souterraines et d'étudier le régime climatique qui caractérise la région. Pour atteindre ce but, notre objectif est d'introduire un logiciel de calculs informatiques dans les démarches de gestion. Ce logiciel, actuellement en développement est primordial de nos jours et présente de nombreux avantages en apport de données, de rapidité et du coût minimal. Il permet la simulation des données hydroclimatiques tels que: la température, les précipitations, l'ETP, les débits et la recharge.

2. Méthodologie :

La recharge des nappes souterraines est un paramètre complexe difficile à estimer et dépend de plusieurs variables : températures, précipitations, lithologie et état du sol. Le principe de simulation est basé sur l'application des résultats de l'ajustement à une loi de probabilité (Loi Normale, Gumbel, GEV). La simulation est fondée sur les concepts de l'analyse fréquentielle.

L'estimation des différents paramètres du bilan hydrologique se fait en premier lieu par l'utilisation des formules empiriques appropriées; nous utilisons les données de base: les précipitations et les températures. Après l'estimation de ces variables nous procédons en deuxième lieu à une analyse fréquentielle par l'application d'une loi de probabilité donnée. Ceci permettra d'estimer les paramètres suivants: le ruissèlement, la recharge, l'évapotranspiration et l'évaporation réelle et de prévoir leur variation en fonction du temps. Les résultats de cette simulation nous permettront le suivi de la variation des paramètres du bilan hydrologique à long terme.

2.1 Modèles statistiques utilisés:

Différentes lois sont utilisées pour simuler les données de base (Modèle de Gauss, Modèle de Gumbel, Modèle des valeurs extrêmes GEV, Modèle exponentiel...)

a. Loi Normale

La fonction de distribution est donnée par

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2} dt$$

Les paramètres de la loi sont estimés par : $u = \bar{x}$ Et $\Gamma = \delta$

Les quantiles sont donnés par : $x_{(F)} = \bar{x} + \Gamma \cdot u$

Avec u et Γ les paramètres de distribution de la loi normale.

a- Loi de Gumbel

La fonction de Distribution est donnée par :

$$F(x) = \exp(-\exp(-(x - u)/\alpha))$$

Les valeurs théoriques sont déterminés à partir de la formule : $x_{(F)} = u - \alpha \log(-\log(F))$

Estimation des paramètres (ajustement) :

$$\begin{cases} \alpha = 0.77969 * \delta \\ u = \bar{x} - 0.45005 * \delta \end{cases}$$

Avec α et u les paramètres de distribution de la loi Gumbel.

b- Loi exponentielle

La fonction de distribution est donnée par :

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-\epsilon}{\alpha}\right)}$$

Les paramètres de cette méthode sont estimés par :

$$\alpha = 2 \cdot l_2 \quad \text{Et} \quad \epsilon = l_1 - 2 \cdot l_2$$

Les quantiles sont estimés par : $x_{(F)} = \epsilon - \alpha \log(1 - F)$

c- Loi GEV

La fonction de distribution pour une loi GEV est donnée par :

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 - k \times \left(\frac{x - u}{\alpha} \right) \right]^{1/k} \right\}$$

Les paramètres de cette méthode sont estimés avec :

$$K = 7.8590C + 2.9554C^2$$

$$\text{Avec } C = \frac{2b_1 - b_0}{3b_2 - b_0} - \frac{\log 2}{\log 3}$$

$$\text{Et } \alpha = \frac{(2b_1 - b_0) * k}{\Gamma(1+k)(1-2^{-k})} = \frac{l_2 k}{\Gamma(1+k)(1-2^{-k})}$$

$$u = b_0 + \frac{\alpha}{k} [\Gamma(1+k) - 1] = l_{1+} \frac{\alpha}{k} [\Gamma(1+k) - 1]$$

Les quantiles sont estimés par :

$$x(F) = u + \frac{\alpha}{k} [1 - (-\log F)^K]$$

Avec $F = 1 - \frac{1}{T}$

2.2 Fonctionnement :

Ce présent logiciel utilise des fichiers sous format connu, (*.Txt), ou fichier de Microsoft Excel (*.xls ou *.xlsx).

La première étape dans la procédure de développement utilise des pas de temps mensuel et annuel.

Le logiciel fonctionne avec l'enregistrement des précipitations (P) et les températures (T) mensuelles ou moyennes annuelles.

Le logiciel contient plusieurs modules :

- module de calcul du bilan hydrologique au cours d'une année
- module de régression simple.
- module pour l'ajustement statistique de la série.
- module pour simuler les données.

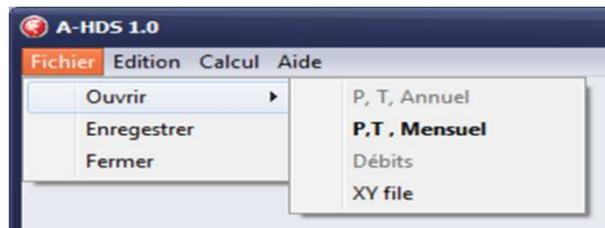


Figure 1 : Barre de Menu

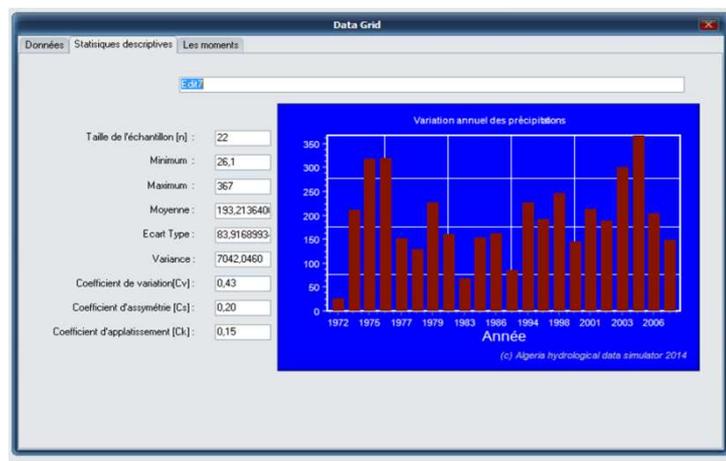


Figure 2 : fenêtre principal de logiciel

3. CONCLUSION

Ce logiciel en cours de développement au laboratoire de Géo-Environnement (FSTGAT/USTHB) fera l'objet d'un essai dans une étude en cours de réalisation sur la modélisation hydroclimatique des eaux d'un aquifère en zone semi aride de la région de Djelfa. Il pourra, ensuite, être utilisé pour toutes les régions semi-arides facilitant ainsi la bonne gestion des ressources disponibles et prévoyant aussi la variation des réserves en eau à long terme.

Bibliographie

- A.Ramachandra Rao,Khaled H.Hamed, 2000,Flood Frequency Analysis,CRC Press ,pages 350.
- Baxter E.Vieux,2004, Distributed hydrologic modeling using GIS, second edition, Kluwer Academic publishers, Pages 312.
- Dawei Han, 2010, Consise Hydrology, Ventus Publishing AP, Pages 145.
- Kinzelbach W., Aeschbach W., Alberich C., Goni I.B., Beyerle U., Brunner P., Chiang W.-H., Rueedi J., and Zoellmann K. (2002) A Survey of Methods for Groundwater Recharge in Arid and Semi-arid regions. Early Warning and Assessment Report Series, UNEP/DEWA/RS.02-2. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. ISBN 92-80702131-3.
- N. Vivekanandan, 2011, Comparison of pwm estimators of weibull distributions for low-flow frequency analysis,Research Article, *International Journal of Applied Engineering and Technology*, Vol. 1 (1) October-December, pp.98-105.
- Zbigniew W. kundzewicz, 1995 New uncertainty concepts in hydrology and water resources,Campridge university press, pages 337.

**ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE, STRATIGRAPHIQUE ET
PALEOENVIRONNEMENTALE DES FORMATIONS QUATERNAIRES
ALLUVIONNAIRES DE CITE D'OUM ALI, W DE TEBESSA. N-E ALGERIE**

N. DEFAFLIA¹, L.GOUIDIA¹, S. ABDESSADOK², A. DJERRAB³

¹Université de Tébessa, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie. E-mail :
defaflianabil@yahoo.fr , gouaidial@yahoo.fr

²Département de Préhistoire. Muséum National d'Histoire Naturelle, 1 rue René Panhard 75013 Paris : abdess@mnhn.fr

³Université 08 Mai 1945 de Guelma Département d'Histoire et d'Archéologie djerrab@yahoo.fr.

Résumé :

Les dépôts quaternaires dans la région de Tébessa (Algérie) ont fait l'objet de nombreuses recherches. Ici, notre étude concerne les dépôts des terrasses fluviales de site d'oum Ali qui se trouve au sud de la ville de Tébessa en Algérie orientale. Il s'agit d'un nouveau site archéologique découvert en 2010 par notre équipe et qui renferme un matériel du paléolithique moyen (probablement moustérien, en cours d'étude), caractérisé par l'absence des pièces pédonculées. De récentes datations du niveau archéologique ont donné un âge de 110000 ans BP MIS. Afin de connaître le cadre de vie de cette civilisation préhistorique et d'obtenir une chronologie la plus fiable possible des événements, nous avons privilégié des méthodes (sédimentologie, minéralogie, paléomagnétisme environnemental, datation) permettant d'obtenir des informations sur le milieu de dépôt et la chronologie des événements

Les variations des valeurs des paramètres granulométriques nous renseignent sur la régularité du niveau énergétique de l'agent de transport. L'exoscopie a permis de différencier l'histoire sédimentaire du quartz (altération, transport continental aquatique, puis parfois reprise glaciaire). L'examen au MEB des surfaces des grains de quartz a permis l'identification de figures variées en rapport soit avec le réseau cristallin primitif des quartz soit avec les actions corrosives propres au milieu d'altération. L'étude des minéraux argileux permet de conclure que l'origine des sédiments à smectite, kaolinite et illite des trois niveaux stratigraphiques doit être recherchée dans le bassin versant de la région étudiée.

Les données du magnétisme environnemental met en évidence des variations significatives dans les conditions d'oxygénation (aérobie/anaérobie), ce qui permet de déduire que les sédiments des niveaux stratigraphiques 1 et 2 ont été déposés par le vent et se sont formés pendant un climat sec. Au contraire, les sédiments de niveau stratigraphique 3 ont pris naissance sous un climat peu humide.

En conclusion, nous proposons une reconstitution des conditions d'environnement au cours de la formation de la terrasse.

Mots clés : Oum Ali, minéralogie des argiles, Morphoscopie, paléoclimats, Magnétismes des roches

Lesited'oum Aliselocalise auSud-Ouest de laVilledetébessa, situéà l'intérieur desterres, à250 kilomètreset de lamer Méditerranée. IlestbordéauNordparunechaînedemontagnesdemoyennesàhautesaltitudes(Djebels Doukkane, Anoual etBouroumane).

L'observation macroscopique sur le terrain a permis la subdivision de la coupe géologique en troisniveaux stratigraphiquesdifférents, indexésde1à3.

Niveau 1 : (0 et -60 cm) de texture friable et de couleur brun foncé, il est formé essentiellementdegraviers,decailloux(70%)etdegalet(10%).Ledegré d'altération est faible.Letauxdescarbonatesvarieentre19et33%.Ceniveaurenfermequelques coquilles d'escargotsetdesracines.

Niveau 2 : (-60 et -85 cm) il s'agit du niveau archéologique atérien, il est formé essentiellementde matricefine(silt)suividesablesgrossiersetfins.Onnotelaprésencede plusieurs caillouxcalcaires.Letauxdescarbonates varieentre22et33%.Ceniveau esttrès riche en outilsarchéologiqueset en débrisde coquilles(tracesd'activitéanimale).

Niveau3 : (-85et-165cm)ils'agitd'unniveau trèsricheenpetitsgraviers,induréparles Eauxcalcaires,de couleurjauneclaire.Lesélémentsfinssontessentiellementformésdesilt, desablegrossier etdesablefin. Lepourcentage de carbonatesvarie entre23 et34 %.

Etudesédimentologique:

L'étudesédimentologique a étéréalisée sur69échantillonsprélevéssystématiquement du sommetverslabasede lacoupestratigraphique.

L'examen delacomposition granulométriquebrutede lafractioninférieureà2 mm (fig.4)apermisd'individualiser troisniveauxstratigraphiques, certainsrichesenfraction grossière(gravieretcailloux)alternantavecdesniveauxrichesenlimon.Lepourcentage de lafractionargileuseesttrèsfaibleetresteàpeuprèsconstantpratiquementtoutle longdela coupestratigraphique.

Lagranulométrielafractionfinemontreunsédimentrelativementuniforme, avec très peu d'argile (0.69 % en moyenne), un taux de silt élevé (77 %), ainsi que des pourcentagesdesablesfinsetgrossiersmodérés(respectivement10 et15%).Cesderniers connaissentune évolutionparallèleàcellesdesgraviersetdescailloux.Leniveau1,au sein duquellafraction silteuseaugmenteaudétrimentdelafractiongrossière(sablegrossieret fin),faitcependantexception.Dans les niveaux2 et3, laproportion ensablesgrossiers augmente audétrimentdu silt.

D'aprèslediagrammeternaire(fig.1),ilexisteplesurstypesdefacièsdanslesite étudiéque l'ontpeutrésumer ainsi:

- Un faciès silto-sableux (niveaux 1 et 3).
- Un faciès sablo-silteux. (niveau 2).

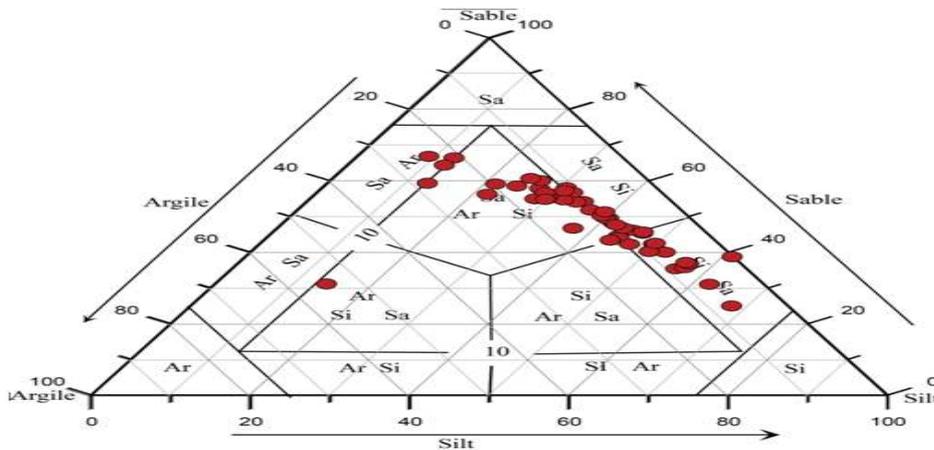


Fig.1: Position des fractions granulométriques dans le diagramme ternaire de la coupe 1.

C. Caractéristiques granulométriques

Les courbes cumulatives tournées vers le bas (faciès hyperbolique) (fig.2) sont aussi présentes et témoignent d'un milieu calme, d'une sédimentation par décantation. Ce type de sédimentation concerne surtout les échantillons 26 et 40 de la partie médiane et inférieure de la terrasse.

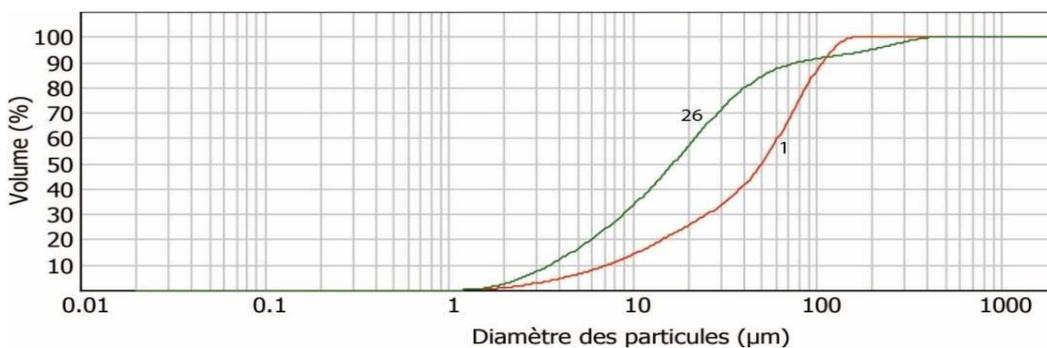


Fig. 2 : Courbes cumulatives des échantillons 1 et 26.

2.2. DATATION: Des datations ont été effectuées avec la méthode de thermoluminescence: La datation par la méthode de thermoluminescence a donné un âge:

De 120 000 ans BP pour le niveau archéologique atérien, de 90 000 ans BP pour la base du niveau 2 et 60 000 ans BP pour la base du niveau 1, à -35 cm (échantillon 33) : 60 000 ans BP. à -100 cm (échantillon 46) : 90 000 ans BP. à -170 cm (échantillon 61) : 120 000 ans BP.

2.3. Lamorphoscopiedesgrainsdequartz: L'examen morphoscopique des grains de quartz montre la forte proportion des grains émoussés ou sub-émoussés, au niveau de toute la terrasse fluviale (54,05%), ce qui met en évidence l'influence du transport par l'eau et de la dynamique fluviale sur les grains qui proviennent à partir des affleurements calcaires crétacés. Les rond-mats (RM) sont présents

dans le deuxième niveau ; leur pourcentage est de 25,55%. Ces grains de quartz pourraient avoir comme origine lesables miocène, très présents dans la région.

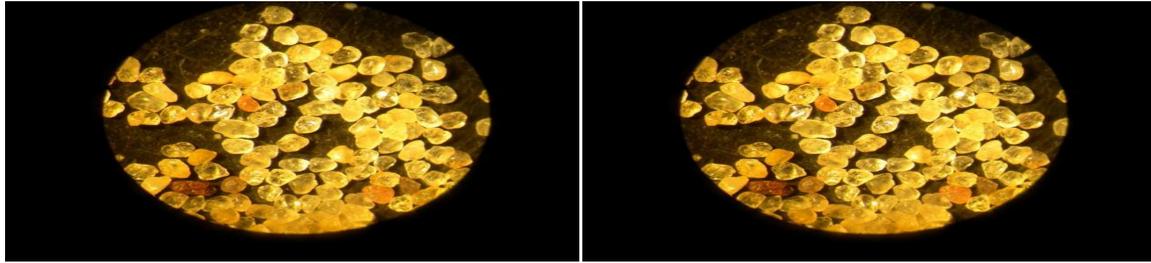


Photo.3:morphoscopiedesgrainsdequartzdeniveau2

2.4. L'exoscopieduquartz: L'analyse exoscopique des grains de quartz confirme les constatations déjà faites par l'étude morphoscopique et révèle la dominance des émoussés.

En général, les grains de quartz ont été transportés par l'eau. Les ronds-mats, présents surtout dans la partie médiane de la coupe stratigraphique, sont charriés à partir du sable miocène. Pendant la précipitation, l'eau piégée dans les dépressions devient très concentrée en silice et du fait de l'évaporation (température importante), les précipitations siliceuses de différentes formes se mettent en place (cristaux dispersés, globules ou fleurs de silice).

2.5. Analyse minéralogique

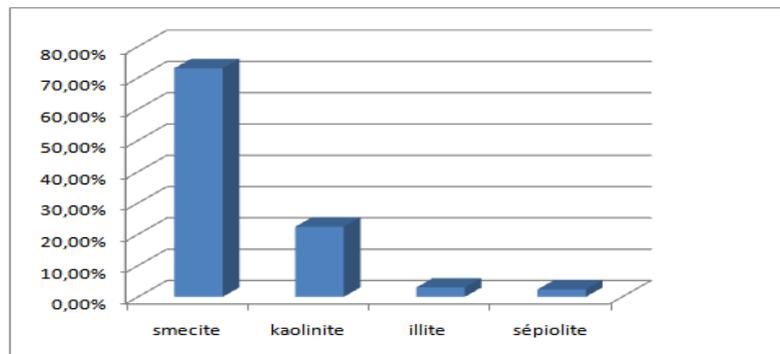


Fig. 4 : diagramme de pourcentage des minéraux argileux: smectite, kaolinite, Illite et sépiolite.

Ces teneurs montrent, dans l'ensemble, que l'association des minéraux argileux smectite-kaolinite-illite est presque invariable dans toute la série stratigraphique.

La smectite est en général le minéral prépondérant suivi par la kaolinite (fig.4).

Taille des grains magnétiques: Fréquences de susceptibilité dépendante (χ_{fd})

Quelques pics de χ_{fd} ont été observés dans le niveau 3, mais ceux-ci ne reflètent pas la réalité, car ce niveau est très riche en fraction grossière et très pauvre en grains magnétiques. Il pourrait donc s'agir d'une erreur de mesure. En effet, l'appareil utilisé (susceptibilitémètre Bartington MS2) n'est pas très sensible avec des sédiments à faible signal magnétique.

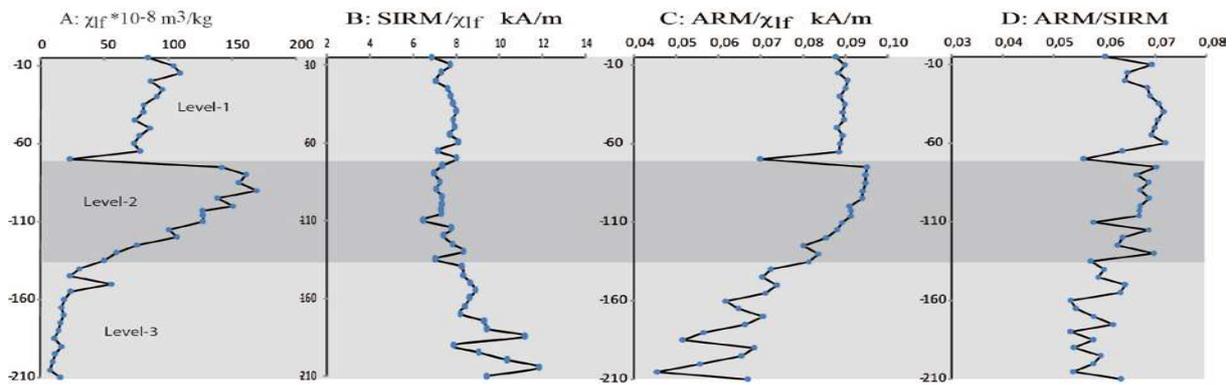


Fig.5.A.B.C.D: Mesure des paramètres magnétiques. A: susceptibilité magnétique

2.5. Lowrietest:

Lescourbes de l'ARI:

Les courbes d'acquisition de l'aimantation rémanente isotherme (ARI) sont utilisées pour caractériser les propriétés magnétiques des sédiments. IRM acquisition curves were shown to have a cumulative log-Gaussian shape (Robertson and France, 1994). Chaque composante magnétique est décrite par l'étude de la courbe d'acquisition de l'aimantation à saturation (SIRM), à l'aide du paramètre $B/2$ qui est le champ magnétique pour lequel la moitié de l'ARI est atteinte, et en fin à l'aide du paramètre DP, représentant la dispersion de la distribution (Robertson and France, 1994; Kruijer et al., 2001 et 2003).

La décomposition de l'ARI montre la présence de deux composantes magnétiques. La 1^{ère} composante, de faible champ coercitif (27 mT), saturée dans un champ faible (inférieur à 300 mT), et caractérise les grains ferrimagnétiques (magnétite et maghémite). La deuxième composante se caractérise par un champ coercitif plus fort (entre 100 et 200 mT, pour les échantillons BZ-19 et BZ-69). Cette dernière ne sature pas à 500 mT et elle est portée par les grains antiferromagnétiques (goéthite et hématite).

2.9. CONCLUSION

Les paramètres obtenus à partir de ces résultats (granulométrie, minéralogie des argiles et morphoscopie et exoscopie de grains de quartz) permettent de subdiviser la terrasse de Birzgan Sud en 3 niveaux stratigraphiques.

Les résultats granulométriques révèlent que les sédiments ont un diamètre moyen faible (inférieur à 50 μm), ce qui est dû à leur enrichissement en silt et en sable fin. Les courbes de fréquences sont de type platykurtique à mésokurtique et parfois leptokurtique. Cette évolution indique le mauvais classement des sédiments analysés. Les valeurs de KG (kurtosis) sont négatives ou proches de zéro et montrent que l'étalement de la courbe se fait du côté de la fraction fine. Les valeurs du Sorting index montrent que le classement est mauvais, très

mauvais à extrêmement mauvais et par conséquent, elles relatent l'irrégularité d'un niveau énergétique de l'agent de transport et plus particulièrement dans le niveau 3 très riche en gravier. Les sédiments des niveaux 1 et 2 montrent un seul stock (courbes de fréquences unimodales) représenté par les silts (>75%), au contraire ceux de la partie médiane et inférieure (niveaux 2 et 3) sont bi à tri-modales, traduisant un mélange de deux à trois populations (sable et silt). L'observation morphoscopique des grains de quartz à l' loupe binoculaire a permis de proposer une évolution plus ou moins importante, puisqu'ils sont souvent émoussés ou sub-émoussés. L'abondance de ces familles de grains de quartz induit un mode de transport aquatique (l'importance du remaniement fluvial), les sables miocènes qui se trouvent à côté du site et proviennent de la région de Hdjar Sofr, L'étude exoscopique des grains de quartz confirme ces derniers résultats et atteste la dominance des émoussés. Certains grains ont une histoire plus complexe. Dans un premier temps, ces grains sont subit un transport par le vent (présence de traces de choc en forme de "v"), puis sont séjournés dans un milieu aquatique (grains émoussés avec une effacement total ou partiel des cupules et de traces de choc par le vent).

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON FUTURE NITRATE CONCENTRATION IN GRUNDWATER OF THE BLED ABIDA BASIN-EL KEF REGION (NW TUNISIA).

Yosra Ayadi¹, Naziha Mokadema¹, Belgacem Redhaounia³, Younes Hamed^{1,2}

¹Water, Energy and Environmental Laboratory (L3E)-National Engineers College of Sfax (Tunisia) (ENIS). Street of Soukra Km 3.5, BP.W: 3038 Sfax-Tunisia. E-mail address: ayadiyosraa@yahoo.fr, nazouhmoka@gmail.com

²Faculty of Sciences of Gabes. Department of Earth Sciences. City Campus Erriadh-Zirig 6072 – Gabes-Tunisia - E-mail address: hamed_younes@yahoo.fr/

³Water Researches and Technologies Center Borj-Cedria (CERTe), BP 273 Soliman 8020, Tunisia, belgacem.belgacem@yahoo.fr

RÉSUMÉ. L'impact du changement climatique sur le cycle hydrologique, en particulier les impacts sur les eaux superficielles et souterraines qualités, est essentiel pour assurer la viabilité des futures ressources en eau en Afrique du Nord et en particulier à Bled Abida région du bassin du Kef (nord-ouest Tunisie). Les changements de température, la quantité et la répartition des précipitations dans le temps et l'espace, et les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère dans le mot aura une incidence sur le terme source de nitrate agricole par des changements dans les processus de sol (texture, structure) et la productivité agricole. Les implications pour la lixiviation des nitrates dans les eaux souterraines en raison des changements climatiques ne sont pas encore suffisamment bien comprises pour être en mesure de faire des prédictions utiles, sans plus de données spécifiques au site. Recharge des eaux souterraines n'est pas seulement contrôlée par la variabilité spatiale et temporelle dans les principales variables climatiques, mais aussi sur les propriétés foncières de surface, la profondeur et des propriétés hydrauliques des sols et de la végétation et de comprendre l'importance relative de ces facteurs est essentielle pour estimer les taux de recharge et pour évaluer la qualité de l'eau (Sen, 2009).

ABSTRACT. The impact of climate change on the hydrological cycle, particularly the impacts on surface and groundwater qualities, is essential for ensuring the sustainability of future water resources in North Africa and especially in Bled Abida basin-El Kef region (NW Tunisia). Changes in temperature, precipitation quantity and distribution in time and space, and atmospheric carbon dioxide concentrations in the word will affect the agricultural nitrate source term through changes in both soil processes (texture and structure) and agricultural productivity. The implications for nitrate leaching to groundwater as a result of climate changes are not yet well enough understood to be able to make useful predictions without more site specific data. Groundwater recharge is not only controlled by the spatial and temporal variability in the major climate variables but also on land

surface properties, the depth and hydraulic properties of the soils, and vegetation and understanding the relative importance of these factors is critical for estimating recharge rates and for assessing water quality (Sen, 2009).

MOTS-CLÉ: *Le changement climatique, les eaux souterraines, la concentration en nitrates, bassin de Bled Abida*

KEY WORDS: *Climate change, groundwater, nitrate concentration, Bled Abida basin, Tunisia*

1. Introduction

La région de Bled Abida est située en Tunisie septentrionale où règne un climat semi-aride à nuance continentale. Par cette localisation géographique, cette région fait partie de l'atlas tunisien central à fossés, elle est caractérisée le plus souvent par sa complexité géologique et structurale. Ainsi, les ressources en eau de ce bassin ont fait l'objet de plusieurs études hydrologiques et hydrogéologiques et géochimique mais Zébidid (1971) a été le premier à s'intéresser à l'hydrogéologie de la région, il a essayé de mettre en évidence l'hydrodynamisme des systèmes aquifères, quantifier et qualifier leurs potentialités en eaux minérales.

2. Généralité

La zone Nord-Ouest de la Tunisie s'étend sur une superficie totale de 1 650 000 ha. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée et les dorsales au Sud. Elle renferme les montagnes au Nord, les hauts plateaux au Sud et la vallée du Medjarda avec ses affluents (Khlidi, 2003). La zone renferme les plus grands barrages de pays mobilisant près de 80% des ressources en eaux de surface (Khlidi, 2003). Le gouvernorat du Kef est située au Nord-Ouest de la Tunisie, elle appartient au haut Tell et se caractérise par un relief en grande partie montagneux. Ce relief est parmi les plus accidentés et élevés de la Tunisie. Il se caractérise aussi par une structure géologique assez complexe. La plaine de Bled Abida est située à 20 km de la ville du Kef et à 8 km d'Ebba-Ksour et à 180 km du capitale Tunis. Cette plaine, dont la superficie est d'environ 241 km², est limitée par les reliefs suivants : Au Nord par Araguib El Hammra, au Est par Jebel Lorbeus, au Sud par Jebel el Gabli, au Sud Ouest par Kef Es Slougui, Kef Berda et à l'Ouest par Jebel El Houdh (Fig. 1). De point de vue géographique, elle se situent entre les coordonnées géographiques $X_1 : 39^{\text{G}} 85'$ et $X_2 : 40^{\text{G}} 16'$ (latitude) et $Y_1 : 6^{\text{G}} 90'$ et $Y_2 : 7^{\text{G}} 39'$ (longitude). Le climat de cette région est continental aride où l'hiver est frais. D'après l'étude de précipitations annuelles durant le cycle 1983-1984 à 2013-2014, la valeur de la pluviométrie moyenne est égale à 386,41 mm (DRE d'El Kef, 2014). Pour la température, on a deux périodes : une première chaude dont la température est élevée et varie entre

20 et 26°C et qui s'étend du mois de Mai au mois de Septembre, et une seconde très froide qui s'étend de mois d'Octobre au mois d'Avril avec un minimum qui atteint 3°C au mois de Janvier. La température mensuelle a un hiver très froid et un été très chaud (Shimi, 2000 ; Ouled Mohamed, 2001 ; Hamed, 2004 ; Hamdi, 2006 ; Inoubli, 2014). D'après l'étude qui a été fait par GGS (2007), le bassin versant d'Oued Mellis couvrant la structure d'El Houdh est de 241,8 km². Ce cours d'eau draine le flanc NW du plateau de Sra Ouertane. Il pénètre dans la cuvette synclinale d'El Houdh au niveau de Koudiet Zeddina on lui attribuant le nom de l'Oued El Malah. A son entrée dans la cuvette d'el Houdh l'amont de l'oued Mellis est appelé Oued Lassoued. Après son appellation change pour devenir Oued Enfidha el Kebira. A la sortie du bassin versant il prend le nom de l'oued Er Rmal.

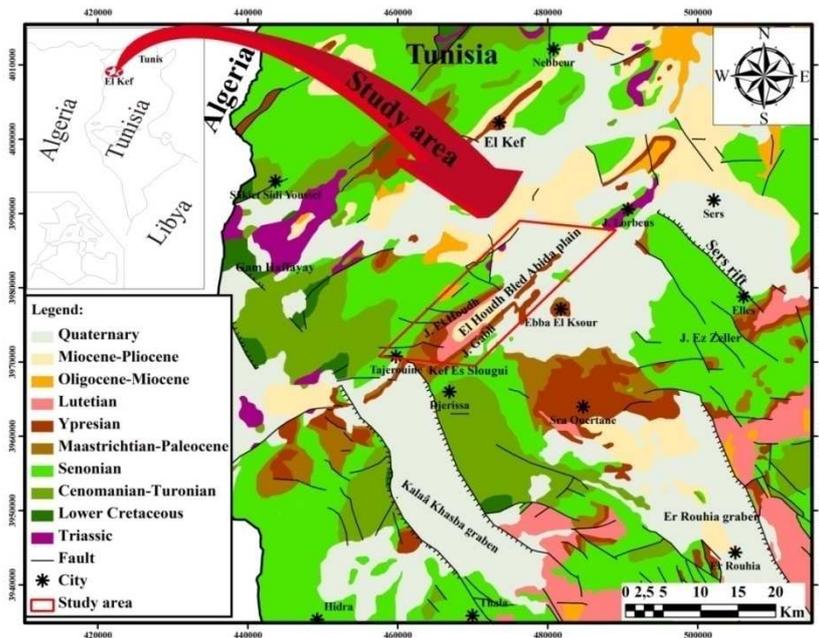


Figure 1. Carte géologique de la région d'étude extrait de la carte géologique de la Tunisie 1/500000.

3. Etude géologique et hydrogéologique

La zone de diapirs (dômes) est située au Nord-Ouest de la Tunisie, au Sud de la zone des nappes des charriages. La région de Bled Abida est située au limite SE de la « zone des diapirs ». Elle est marquée par des structures extrusives à cœur plastique accompagnées de plis, de failles et de chevauchements, caractéristiques des régions à couverture déformée, (Perthuisot, 1978). En effet cette région fait partie d'un bassin appelé sillon tunisien, structure caractéristique du NW du pays. Les affleurements débutent chronologiquement par un Aptien marin et se terminent par un Mio-Pliocène continental. Il y a donc un passage progressif d'un milieu profond à un milieu peu profond se traduisant par une faune néritique (éocène) (Hezzi, 1984). Structuralement, cette région se

caractérise par des larges synclinaux perchés de direction globale NE-SW, légèrement dissymétriques à vergences SE, alternant avec des anticlinaux le plus souvent pincés, de même orientation, généralement, leur cœurs sont occupés par le Trias (Jebel Lorbeus) (GGs,2007) qui s'érode sous l'effet de l'eau et par la suite lors de la dissolution, il y aura contamination des aquifères (Hamed et Dhahri, 2013 ; Inoubli, 2014). La compilation et le traitement des résultats des études géologiques et géophysiques qui ont été faites dans la région du Kef (Hachemi, 1982, 1984 ; Sehli 1987 ; Shimi, 2000 ; Hamed, 2004 ; Sâad Bouh, 2001 ; Hamdi, 2006 ; GGS, 2007 ; Hamed et Dhahri, 2013 ; Inoubli, 2014...) ont permis l'identification des formations géologiques qui peuvent constituer des aquifères potentiels, ainsi que la détermination de leur géométrie et leur caractéristique physico-chimique. Le secteur de Bled Abida est formé par un synclinal qui renferme une nappe phréatique et un système hydrogéologique qui est formé par multicouches (cinq niveaux aquifères):

- Nappe des calcaires de la formation Abiod (Campanien- Maestrichtien) ;
- Nappe des calcaires de la formation El Garia (Eocène inférieur) ;
- Nappe des calcaires à lumachelles de la formation Souar (Eocène supérieur) ;
- Nappe au niveau des grés de la formation Fortuna (Oligocène) ;
- Nappe de Bled Abida logée dans le remplissage Mio-Plio- Quaternaire.

3. Etude Géochimique

Les analyses des eaux de la région du Bled Abida montrent que ses eaux sont exploitables car elles présentent une salinité relativement faible. Ces eaux sont destinées soit pour la consommation humaine soit pour créés des périmètres irrigué, soit en domaine industriel. Les nitrates constituent la forme azotée la plus dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture (Hamed et al., 2013...). La concentration de nitrate varie d'un aquifère un autre selon la nature de chaque réservoir et leur répartition spatiale. En effet, pour la nappe phréatique, la concentration de nitrate varie entre minimum égal à 5 mg/l et un maximum égal à 104 mg/l. Pour la nappe de remplissage, la valeur de nitrate d'environ 18 mg/l. Pour la nappe de l'Oligocène, la concentration varie entre 78 mg/l et 61 mg/l. la valeur de nitrate pour la nappe d'Eocène supérieur, varie entre 8 mg/l et 20 mg/l. la nappe d'Eocène inférieur qu'est une nappe à surface libre, au niveau des affleurements des calcaires des deux flans de la cuvette synclinale d'El Houdh ainsi qu'à sa fermeture péri-synclinale et a une superficie plus grand que les autres nappes, et de même la plus exploitable. Pour cette nappe la

valeur de nitrate a un minimum égal à 7 mg/l et un maximum égal à 51 mg/l. la nappe de formation Abiod a une concentration de nitrate varie entre 80 mg/l et 14 mg/l.

4. Conclusion

L'étude hydrogéologique de différentes nappes montre qu'elles sont productives et présente des débits importants. Et d'après l'étude hydro-chimique, on constate que les eaux sont de bonne qualité. L'augmentation de concentration en nitrate dans les aquifères de Bled Abida, est un phénomène complexe. C'est la conséquence de l'utilisation intensive d'engrais minéraux infiltrés avec l'eau de pluie, dans les sols. Cette augmentation a rompu l'équilibre naturel de nitrate dans les nappes.

Référence

- [1] Khliidi S. (2003) : Le développement rural durable : cas du nord-ouest de la Tunisie. In : Campagne P. (coord.), Dupuy B. (coord.). Nouvelles stratégies pour un développement rural durable dans les pays méditerranéens . Montpellier : CIHEAM. p. 75-81 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens ; n. 54)
- [2] Shimi A. (2000) : Potentiel en eaux minérales de la région de Sra Ouertane ; Effet de compartimentage des formations carbonatées sur les ressources hydriques. Univ. Tunis II.
- [3] Saad Bouh OM. (2001) : Caractérisation hydrogéologique et géochimique des aquifères des systèmes aquifères des bassins de Bled Abida et de Lorbeus. Diplôme d'ingénieur d'état, ENIS-Sfax.
- [4] Hamed Y. (2004) : Caractérisation hydrogéologique, hydrochimique et isotopique des eaux souterraines des plaines du Kef et de Sers (Nord Ouest Tunisien). Mémoire DEA, Faculté des Sciences de Sfax.
- [5] Hamdi S. (2006) : Etude hydrogéologique des deux synclinaux d'El Houdh et de Kef Rgueb (Tunisie Nord-Occidental). Mémoire Mastère, Faculté des Sciences de Bizerte.
- [6] Inoubli A (2014) : Contribution des approches hydrogéologiques et géochimiques à l'étude des aquifères du bassin de Sera Ouertane (El Kef NW Tunisien). Mémoire de Master. Faculté des Sciences de Bizerte.
- [7] Générale géosciences service (2007) : projet de mis en bouteille de l'eau du forage Aïn M'rada pour le compte de la société la source SA.
- [8] Perthuisot V (1978) : Dynamique et pétrogenèse des extrusions triasique en Tunisie septentrionale. Thèse Sciences, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, Presses école normale supérieure, 359 p.
- [9] Hezzi H. (1984) : Note sur l'exploitation de la nappe du Bled Abida.
- [10] Hamed Y., Dhahri F. (2013): Hydro-geochemical and isotopic composition of groundwater, with emphasis on sources of salinity, in the aquifer system in Northwestern Tunisia. Journal of African Earth Sciences 83 (2013) 10–24.
- [11] Hachemi H. (1982) : Contribution à l'étude hydrogéologique du plateau du Sra Ouertane. Thèse de Doctorat de spécialité. Université des Sciences et Techniques du Languedoc, 96p.
- [12] Hachemi H. (1984) : Hydrogéologie du synclinal d'El Houdh.

[13] Sehli A. (1987) : Contribution de la prospection électrique à l'étude hydrogéologique des aquifères calcaires en Tunisie Centrale (cas du plateau de Sra Ouertane sud, cas de la plaine de Gafsa nord). Thèse de 3^{ème} cycle. Univ. Tunis II.

**DIAGNOSTIC DE L'IMPACT DE LA VARIABILITÉ CLIMATIQUE SUR LA
DISPONIBILITÉ ET LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINE
(CAS DE LA WILAYA DE TLEMCCEN, ALGERIE NW)**

HamzaNawel, BenyahyaMohamed, HamelLaïd

Laboratoire de recherche Ecodéveloppement des espaces, Département des sciences de l'environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie ; Université de Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés, 22000, Algérie

E-mail : nawel307@hotmail.fr

Résumé

Le changement climatique depuis longtemps constitue la question environnementale majeure qui domine notre époque et le défi majeur auquel doivent répondre les organismes de contrôle environnementaux.

Par sa constitution géographique et géologique, la wilaya de Tlemcen, a, depuis longtemps, joué le rôle de château d'eau naturel de l'ouest oranais. Elle possède les plus importants aquifères de l'Algérie du nord, dont, les eaux souterraines qui y sont contenues sont essentiellement mobilisées par des forages de moyenne profondeur. Les analyses des eaux interceptées par ces ouvrages ont révélé une bonne qualité physico-chimique.

Dès le début des années 80, la conjoncture climatique s'est caractérisée par une baisse notable de la pluviométrie qui a engendré une diminution des ressources en eau locales. Ainsi, des pénuries d'eau potable ont été enregistrées un peu partout à travers la région de Tlemcen, à laquelle s'ajoute une explosion démographique qui a mené à une mobilisation intensive d'autres ressources en eau.

Cet article de synthèse, donne une idée sur les principaux travaux de mobilisation de ces ressources en eau souterraine par forages effectués ces dernières années et, qui ont touché toutes les unités géologiques et géographiques de la wilaya, ainsi que les nombreuses nappes d'eau souterraines qui ont été mises en évidence, afin de combler le déficit en eau qui a été engendrée par ce changement climatique.

Enfin il faut souligner que ces ressources en eau sont sérieusement menacées par la dégradation de leur qualité et la surexploitation, et qu'il est impératif dès à présent, d'établir un programme de surveillance, et à la mise en place de périmètres de protection.

Mots clés : eau souterraine, vulnérabilité, changement climatique, wilaya de Tlemcen.

Keywords: groundwater, vulnerability, climate change, Tlemcen city.

**CARACTERISATION DE LA SECHERESSE METEOROLOGIQUE EN UTILISANT LES
INDICES DE SECHERESSES AU NIVEAU DE SEPT PLAINES DU NORD OUEST
ALGERIE**

Achour kenza¹, Meddi Mohamed²

¹ Doctorante université CHLEF, kenzachour@yahoo.fr

² professeurs, laboratoire Génie de l'Eau et de l'Environnement, Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique - BLIDA –
Algérie mmeddi@yahoo.fr

Résumé :

L'Algérie et en particulier la région Nord Ouest a connu plusieurs sécheresses durant le dernier siècle. Les études consacrées à la sécheresse sont nombreuses et diversifiées, plusieurs auteurs ont étudié le déficit pluviométrique et son impact sur la ressource en eau.

Pour caractériser la sécheresse météorologique dans le Nord ouest algérien trois indices ont été utilisés à savoir : l'indice de précipitations standardise (SPI), indice china Z (CZI) et l'indice china Z modifié (MCZI).

L'examen des années de sécheresse fait ressortir une fréquence plus élevée et une extension spatiale plus importante des sécheresses qui sont désormais plus longues, plus fréquentes et elles se succèdent. Le Nord Ouest Algérien a connu une augmentation de température renseignant sur le phénomène global de réchauffement.

La comparaison des indices s'appuie sur des classes qui ont été détectés dans la sécheresse au cours des 51 années de données. Les résultats montrent que SPI, CZI et MCZI effectuer la même façon en ce qui concerne l'identification de la sécheresse, Le MCZI a montré des résultats médiocres dans la détection de la sécheresse

Mots clés : sécheresse, précipitation, température, Nord Ouest Algérien, réchauffement, indice.

ANALYSIS AND ASSESS OF THE CLIMATE CHANGE AND ITS IMPACT ON WATER RESOURCES BASED ON THE GIS TECHNOLOGY IN THE DJERID BASIN-SOUTHWEST TUNISIA

Faten Khlifi^a, Naziha Mokadem ^a, Sihem Mhamdi ^a, Yosra Ayadi ^a, Belgacem Redhaouia^c, Younes Hamed^{a, b}

^aWater, Energy and Environmental Laboratory (L3E)-National Engineers College of Sfax (Tunisia) (ENIS). Street of Soukra Km 3.5, BP.W: 3038 Sfax-Tunisia.

E-mail address:fatenkhli@outlook.com /nazouhmoka@gmail.com/sihemmhamdi@outlook.fr

^b Faculty of Sciences of Gabes. Department of Earth Sciences. City Campus Erriadh-Zirig 6072 – Gabes-Tunisia E-mail address:hamed_younes@yahoo.fr

^c Water Researches and Technologies Center Borj-Cedria (CERTe), BP 273 Soliman 8020, Tunisia, E-mail address: belgacem.redhaouia@yahoo.fr

Abstract:

Climate change is a worldwide phenomenon that threatens our natural resources especially the water supply which is the most vulnerable resource on Earth. The climate variability has long-term and immediate impacts which include flooding, drought, sea level rise, heat waves, drying up of the rivers and severe water shortage...The Djerid basin of southwest Tunisia is a semi-arid region characterized by a high temperature, a low precipitation amounts and a low moisture content...the warming up aspect is obvious in this area. So finding a way to deal with it has become essential. We shall understand those effects and other natural phenomena through a modern technology called GIS “Geographic (Geospatial) Information System”. GIS (refers to SIG) is a spatial data infrastructure that allows us to digitalize, analyze, organize, store, manage, manipulate and display all kinds of geographical data. This system has a various applications which are used as a tool in hydrogeology and climatology. It could predicts the future climate change impacts on water resources ,the long term water level fluctuations as well as the effect of climate on the ground water identified on the salinity maps...

Keyword: climate change, GIS, Djerid basin, southwest Tunisia.

1. Introduction:

Global warming is the common expression of the current climate change which is defined as an increase of the average temperature of the Earth’s atmosphere (UNESCO, 2009). Climate has been in a constant state of change throughout the Earth’s 4.5-billion-year history, but most of these changes occur on astronomical or geological time scales, and are too slow to be observed on a human scale (ISS, 2010). However, many observations through the planet’s climate have confirmed the continuous temperature rise, thus the global average surface temperature has increased by

0.74°C/ Century (IPCC, 2007a). Unusually strong tropical storms, heavy precipitations causing a devastating floods, more frequent heat waves, frequent drought and other similar events are connected to a modern climate change (Al Zawad, 2008). The heating trends have put the vulnerable natural resources such as water in a difficult situation. Thus surface and groundwater are involved in the global changes of the weather.

The effects of global warming and climatic change require multi-disciplinary research, especially when considering hydrology and global water resources (kumar, 2012). Using a modern technology and sophisticated software such as Arc Gis helps us to explain the impacts of climate on groundwater and its availability.

2. Characteristics of the study area:

The Djerid basin is located in the southwest Tunisia between longitudes 7 and 10°E and latitudes 33 and 34°30'N and covers the Djerid area (Tozeur governorate) to the west and Nefzawa to the east (Kebili governorate). It's bordered by Algeria to the west, Metlaoui Range to the north and the Northern Chott Range, Dahar uplands to the east and the Grand Erg Oriental to the south. The Djerid Chott occupies half of the basin surface which is approximately 10.000 km² (Kamel et al, 2006). It belongs to the semi desert zone.

Generally, the climate of the south of Tunisia is characterized by intense drought with low moisture content. The average annual temperature is around 25°C, with hot summers and cold winters. Extreme temperatures are above 50°C in summer. The rains are characterized by large inter-annual variability (Agoun, 2010). Furthermore, the climate of the study area is characterized by aridity, high temperature (a maximum of 40°C), low precipitation amounts (less than 100 mm per year) and high evapotranspiration rates (1800 mm/y). Those factors have enhanced the effect of the current climate change.

3. Impact of climate change on groundwater in the Djerid basin:

As a vital resource, water in the south west of Tunisia is too vulnerable. The fact that the Djerid area suffers an obvious shortage in annual runoffs put it in such a difficult condition where both the quantity and the quality of water are affected. Fortunately, the groundwater reserves were able to compensate this shortage thereby it became the main provider of water when there's no other alternative to count on in the Northern Sahara area which is the North Western Sahara Aquifer System (NSAS). According to SASS (2002), this latter covers a huge part of the southwestern Tunisia and it have merged into two reservoirs: the Continental Intercalaire (CI) and the Complex Terminal (CT).

Groundwater resources are sensitive to weather variability. Because groundwater aquifers are recharged mainly by precipitation or through interaction with surface water bodies, the direct influence of climate change on precipitation and surface water ultimately affects groundwater systems (kumar, 2012). In the Djerid region, the scarce runoffs have caused a recharge deficiency which changed the groundwater into poor quality and non-renewed water. This effect is mainly showed in the salinity maps that indicate the changing TDS in the different parts of the study area (increasing over the years). Moreover, the piezometry of the aquifers is affected by the climate suffering a significant drawdown which led to the extinction of water springs and the depletion of the water supply.

4. The use of the ArcGis software in hydrogeology:

Geographical information system (GIS)-based maps provide a flexible and efficient way to analyze and display spatial information. The strength of a GIS system is that data from various sources can be collected in local or remotely accessed databases, which can be easily maintained and updated. GIS maps support optimal analysis, specifically in hydrogeologic evaluations at different scales, geographic distribution densities, and different levels of accuracy and information value (HAS/HHI, 2008). ArcGIS is a collection of software products created by Environmental Systems Research Institute (Esri). We used the Desktop Gis product. It allows users to integrate and edit data, create new map layers, and author maps (Hiller, 2011). For instance we've been able to create a geological map of the study area with a detailed legend showing the signification of each color in the map along with the different geologic structures (Jebels, Chotts...). Also we created a salinity map showing the location of each sample of water across the Djerid basin and its TDS values.

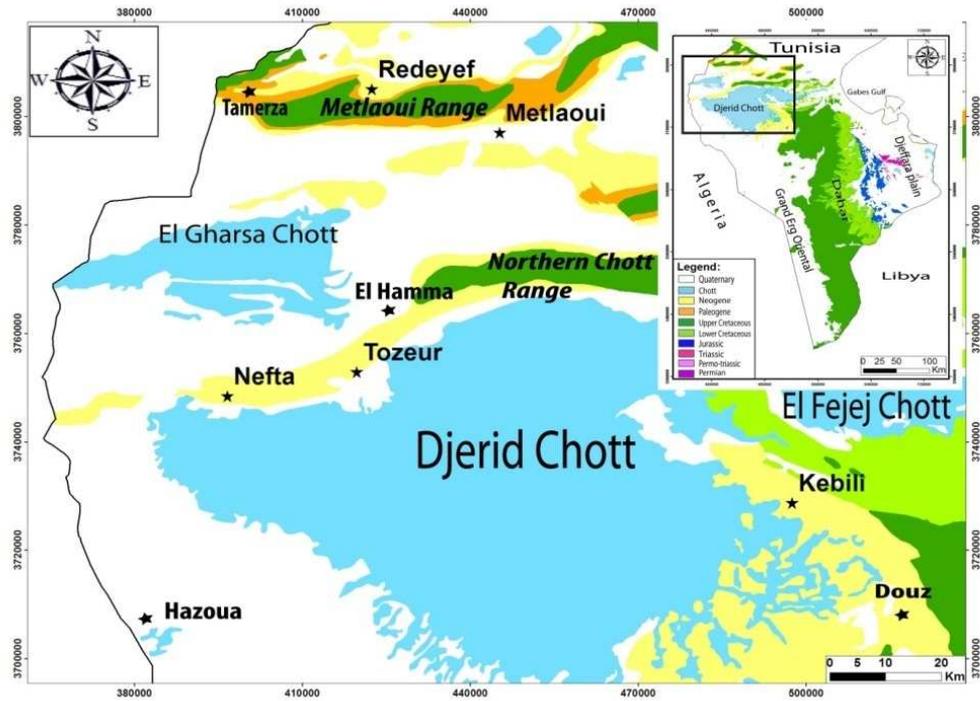


Fig.1: Geological map of the study area

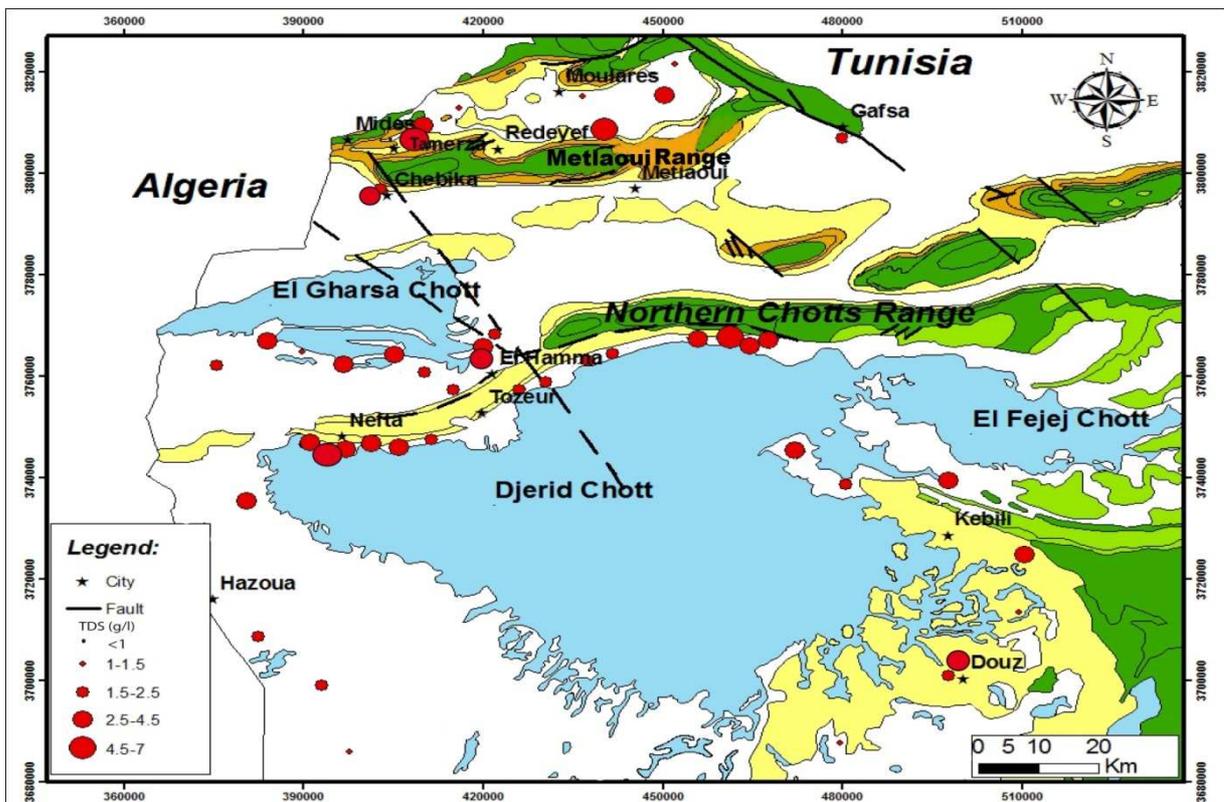


Fig.2 : TDS map of the Djerid basin (Kamel, 2007; Hamed, 2009 modified)

References:

- Al Zawad F.M., 2008. Using GIS Technology to assess the Impact of Climate Change on Water Resources in Saudi Arabia. The 3rd International Conference on Water Resources and Arid Environments (2008) and the 1st Arab Water Forum.
- Agoun A., 2010. Study of the Continental Intercalaire Aquifer System in North Sahara Aquifer System (NSAS) in Southern Tunisian Field Proceedings World Geothermal Congress 2010 Bali, Indonesia, 25-29 April 2010.
- Hamed Y., 2009. Hydrogeological, hydrochemical and isotopic Characterization of Moulares-Tamerza aquifer system. Ph.D. thesis, University of Sfax, pp 280.
- Hillier A., 2011. Manual for working with ArcGIS 10. From the Selected Works of Amy Hillier. University of Pennsylvania.
- HSA/HHI (Hydrologic Systems Analysis, LLC (HSA) of Golden, Colorado, in cooperation with Heath Hydrology, Inc. (HHI) of Boulder, Colorado), 2008. GIS-Based Ground Water Assessment of the Crystal River and West Sopris Creek Study Area.
- IPCC., 2007a. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- ISS, 2010. The impact of climate change in Africa. Debay tadesse, Paper 220.
- Kamel S, Dassi L, Zouari K., 2006. Hydrogeological and hydrochemical approach of hydrodynamic exchanges between deep and shallow aquifers in the Djerid basin (Tunisia). Hydrological Sciences Journal, 51: 713-730.
- Kamel S., 2007. Hydrodynamic and geochemical characterization of the Djerid aquifer (southwest Tunisia). PhD thesis: 320. University of Sfax, Tunisia.
- Kumar C.P., 2012. Climate Change and Its Impact on Groundwater Resources. RESEARCH INVENTORY: International Journal of Engineering and Science ISSN: 2278-4721, Vol. 1, Issue 5 (October 2012), PP 43-60.
- OSS., 2002. North-Western Sahara Aquifer System: basin awareness. Volume 2: 12. Hydrogeology synthesis.
- UNESCO., 2009. World Heritage Centre case study on climate change and world heritage. Published in 2007 Reprinted in May 2009 p71.

Atelier 04 : :

Prospection, exploitation et gestion durable des ressources en eau et énergie

PROJET DE CONSTRUCTION DU NOYAU D'UNE ECO VILLE SOLAIRE LES VILLES DE DEMAIN

Mr Guemra mourad : président association nationale eco énergie
Co auteur, Mlle Mizane nour el houda : doctorante université de khenchela
Email : eco_energiehotmail.fr

Présentation de l'association

L'association nationale éco énergie, a été agréée en 2014 sous le numéro 06/14. Elle est à caractère environnemental, scientifique et sociale. Elle s'est fixé comme objectifs la protection de l'environnement et la promotion des énergies renouvelables.

Nous citons quelques objectifs :

- 01 - Contribution à la recherche scientifique dans le domaine des énergies renouvelables et du développement durable.
- 02 - Contribution à la Valorisation des résultats de la recherche scientifique PNR et universitaire
- 03- Contribution à la formation technique dans le domaine des énergies renouvelables.
- 04 – Contribution à la planification et aux choix stratégiques nationale dans le domaine des énergies et des énergies renouvelables
- 05 –Lutte contre la pollution sous toutes ses formes (Physique, chimique, ondes radio, électromagnétique et sonore) se trouvant dans l'air, la terre ou la mer.
- 06 – Contribution au suivi des avancées technologique et les mettre au service de l'effort de recherche nationale.
- 07– Contribution à la valorisation des déchets Bio dégradable d'origine domestique et industrielle par l'utilisation des énergies renouvelables.
- 08 – Organisation et participation aux congrès nationaux et internationaux, journées d'études, symposium, colloques, salons.
- 09 – Contributions au développement de l'agriculture saharienne par l'usage des énergies renouvelables.
- 10 – Contribution à la planification et à la création des conditions favorables pour la construction des villes au nord et sud du pays à l'aide des technologies avancée, des énergies renouvelables, les matériaux recyclé et matériaux locaux.

L'association a toute la latitude pour réunir les conditions nécessaires pour la construction des villes. Objectif N° 10.

Présentation du projet de l'éco ville solaire

Construire une ville vivante qui digère et recycle ses déchets. Assure les conditions de vie adéquates pour les populations. une ville qui produit sa propre nourriture et énergie avec émanation de zéro pour cent de gaz Carbonique d'origine fossile. Une ville ayant une couverture végétale appréciable et peu faire face aux catastrophes. Les technologies actuelles sont capables de construire ce nirvana, ce sera le 1^{er} vrai pas de l'humanité sur le palier du 3^{ème} millénaire.

.A l'instar des villes qui se construisent un peu partout dans le monde, je cite en exemple la ville de Masdar. Celle que nous préconisons a une toute autre vision. L'étude générale comportera un cahier de charge à faire respecter pour toutes futures constructions.

Notre vision s'inspire du fonctionnement d'un organisme vivant qu'il soit végétale ou animal.

Nous comptons mettre sur pied un groupe pluridisciplinaire de haut niveau pour faire une étude approfondie du projet et évalué sa faisabilité.

La méthodologie de recherche et d'application

Notre démarche méthodologique s'inscrit dans l'étude exploratrice dans le cadre du projet initié.

Scindé en plusieurs phases. :

- 01 étude et conception des plans et maquettes
- 02 approbations du gouvernement pour le lancement du projet
- 03 médiatisation et recherche du financement
- 04 prospections et acquisition du terrain.
- 05 explorations hydrogéologiques et géothermiques pour certain terrain spécifiques
- 06 expérimentations et applications des résultats sur terrain.
- 07 lancements du projet

Description du projet.

Aménagement d'une vaste place publique qui est le noyau la ville, Equipée de fontaines publiques et d'espaces verts luxurieux. Autour de laquelle tout va se construire par cercle concentrique.

LA Partie souterraine de la ville sera composé de tunnels pour différents usages :

- 1 métro
- 2 voies piétonnières
- 3 voies pour les véhicules électriques
- 4 tunnels de collectes de déchets ménagers reliés a un complexe de trie et de recyclage.
- 5 tunnels pour les réseaux eau gaz, téléphone électricité fibre optique éventuellement vapeur.
- 6 différents services seront installés dans les souterrains.
- 7 Système d'aération et d'éclairage naturel

Plan stratégique de la ville :

Architecture urbaine de structure radiale la ville possédera des quartiers intercalés de champs de culture d'arbre fruitier et des bandes de jardins. Crée un micro climat. En période de canicule, la ville sera arrosée et climatisée automatiquement par des systèmes experts couplés à la climatisation solaire.

Gestion des déchets.

-Déversement des déchets domestique acheminé par tapis vers les usines de recyclage qui seront implantés sous la ville .utilisation des bio gaz pour la production de l'électricité aux fins du fonctionnement du complexe de recyclage.

- Trie.

- des déchets non biodégradables.

- Traitement des eaux sanitaire, décantation, filtration aux fins d'irrigation des champs et eau de process

- Distillation des eaux saumâtre

- Production de composte.

- Production de biocarburant.

Gestion de l'Energie.

- Exploitation de l'énergie solaire thermique et photovoltaïque éventuellement mécanique (éolienne, marais motrices).

- exploitation de la géothermie

- Construction de mini central hybrides solaire/biogaz.

- Intégration des panneaux solaire photovoltaïque à la forme architecturale

Toutes les formes d'énergies d'origine renouvelables seront exploitées y compris la géothermie.

Génie civil.

Infrastructure de base

Les bâtisses seront en construite en modules à base d'éco matériaux

Les maisons seront reliées aux tunnels de recyclage par des déversoirs.

Environnement :

Architecture.

Vu du ciel la ville aura l'apparence d'un tableau de maître, une œuvre d'art dotée d'une architecture assez particulière. Les bâtiments de 15 à 20 étages en forme circulaire, des tours légèrement coniques, les étages seront parés de jardins en terrasse. Couverts de plantes assurant ainsi fraîcheurs et bien être .

Des bâtiments administratifs et tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement d'une ville occuperont le premier cercle immédiat à la place publique.

Environnement.

Note concernant les arbres : nous avons estimé très grossièrement qu'un hectare d'arbres peut absorber jusqu'à 6 tonnes de CO₂ par an. Considère qu'un élément arbre d'Eco ville occupe un quart d'hectare, soit 1,5

tCO₂ absorbées. Ce chiffre est arrondi à 1 tCO₂ absorbée parce qu'on n'est pas en climat de forêt tropicale, les arbres poussent plus lentement et absorbent donc moins de CO₂).

- Le CO₂ sera stocké sous forme organique donc, planté bcps d'arbres.
- Aménagement d'espace vert
- Aménagement de jardins botanique
- Aménagement de petits lacs artificiels

Education :

Former l'éco citoyen.

Inculquer le geste écologique a nos enfants

Elaborer un programme spécifique d'enseignement primaire, intégrant les données écologiques

Santé.

La nécessité de mener une vie bio, saine.

Hygiène des villes.

Proscrire les OGM

Proscrire tabac et alcool

Réduire la pollution sonore

Interdire les additifs et arôme artificiels aux aliments.

Organisation de la ville :

L'implantation des administrations, des écoles, université, super marché, hôpitaux stades etc....sera étudié de façons à permettre une certaine fluidité de la circulation et une diligence dans les interventions quelconques.

Ce ci est un aperçu du projet. Mais pour le noyau a réaliser, on se limite a la délimitation de l'assiette, aménager la place publique, ébauché les tunnels, construire les premier patté de maison et administration.

Valoriser les terrains et tracer les limites des champs de culture en collaboration avec les autorités locales.

Associé les différents ministères, les universités et les instituts proposer des thèmes de doctorat pour aidez a une construction plus évolué et ainsi valorisé le travail des professeurs et docteurs.

Notre association a l'intention de présentez ce projet complet au gouvernement algériens.

Conclusion :

La construction de ce type de ville éco solaire est assimilée à une Boué de sauvetage pour l'humanité.

A l'heure actuelle, la civilisation humaine est génératrice de pollution à grande échelle.

Tout le carbone enfouis sous terre depuis des millions d'années est restitué a l'atmosphère , ainsi on est entrain de reconstitué l'atmosphère primitif de la terre a une époque ou la vie n'était même pas encore apparus. A ce train on risque de fabriquer de l'oxygène pour respirer.

Ce ci dit on doit impérativement protéger l'écosystème, le prémunir contre tout danger.

Mots clefs : Energie, environnement. Recyclage / keyword environment, energy, recycling

CONFRONTATION ENTRE MOBILISATION ET OFFRE DE LA RESSOURCE

HYDRIQUE AU NORD EST ALGERIEN

TITI BENRABAH* Samia¹, BOUSNOUBRA Houria², BAHROUN Sofia³, BOUNAB Samia⁴

¹Université Badji Mokhtar, Faculté des sciences de l'ingénieur, Département de Géologie, Laboratoire de Géologie, Annaba, 23 000, Algérie

1. Introduction

Le bassin versant d'étude qui est drainé par l'oued Kebir Ouest et ses affluents dispose de ressources abondantes en eau souterraine et de surface, la disponibilité en abondance de cette eau est un enjeu majeur pour le bassin si la gestion et la mobilisation sont menées adéquatement. Les eaux de l'oued Kebir Ouest composent de loin les principales sources d'alimentation en eau potable, ces eaux alimentent le barrage de Zit Emba, cet ouvrage fournit près de 50 % en eau potable et pour l'eau d'irrigation de sa population évaluée à près de 194390 habitants.

2. Outils et méthodes

Le bassin versant de l'oued Kebir Ouest fait parties des trois bassins versant du côtier Constantinois centre, limité entre la latitude 36°30 et 37°00 Nord et la longitude 7° et 7°30 Est. L'ensemble du bassin versant de l'oued Kebir Ouest couvre une superficie de 1619 Km². Ses principales limites sont : le côtier Constantinois Est à l'Est, le bassin versant du Safsaf à l'Ouest, le bassin hydrographique de la Seybouse au Sud et par et la mer méditerranée Nord. (Fig : 1).

Le relief de la zone d'étude est très diversifié, il comprend des plaines au centre du bassin versant (Azzaba), collines, versants et montagnes au Sud et à l'extrême Nord avec des altitudes pouvant aller jusqu'à 1200 m.

Le bassin versant de l'oued Kebir Ouest présente un réseau hydrographique fort développé, influencée par la géologie et la topographie du territoire, totalisant un réseau de près de 267 Km, qui draine une superficie totale de 1614 Km². Ses principaux affluents sont l'oued Hammam, Mougger, Fendek, Magroun et El Aneb.

La carte de l'occupation du sol du bassin versant de l'oued Kebir Ouest se caractérise par la prédominance de son couvert forestier (broussailles et bois), puis viennent les terres agricoles occupant beaucoup moins de superficie localisées au centre du bassin versant.

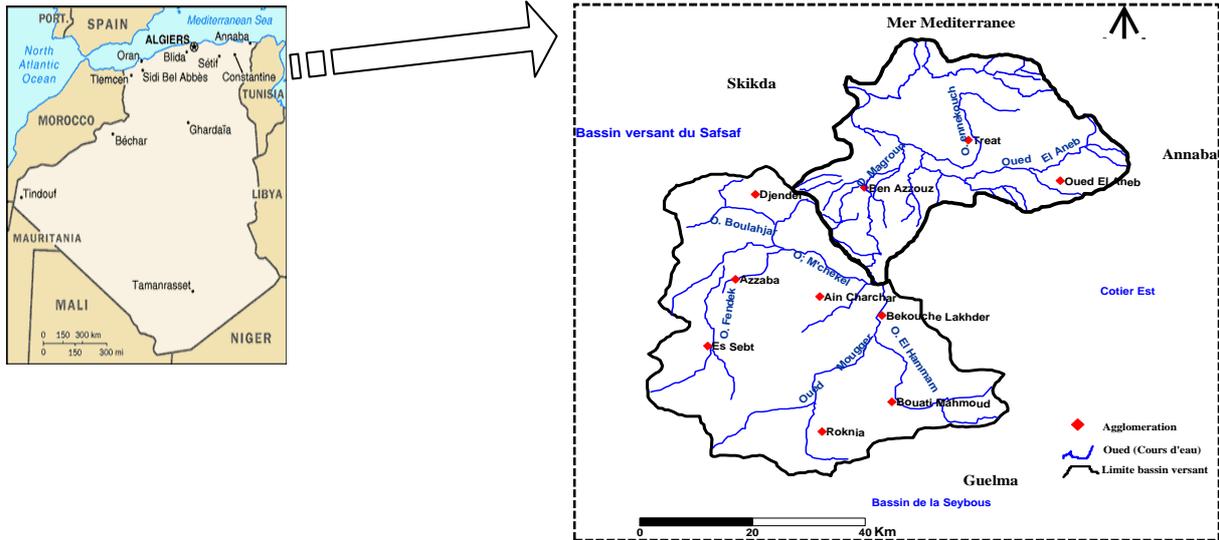


Figure. 1 : Situation géographique et principales limites du bassin versant de l’oued Kebir Ouest.

3. Ressource en eau et secteur utilisateur

Les besoins en eau potable dans les communes de la wilaya de Skikda (Azzaba, Ben Azzouz, Ain Charchar, Es Sebt, Bekkouche L, Djendel) sont évalués à 48,69 Hm³ dont 28,695 Hm³ en eau souterraine (forages) et 20,00 Hm³ en eau de surface (barrage) pour une population de près de 194390 habitants.(Tab : 1).

Régions	Type d'eau				Total wilaya
	Forages		Barrage		
	Hm3	%	Hm3	%	
Skikda	28,695	59,53	20,00	/	48,69
Guelma	9,3	23,25	/	/	9,3
Annaba	6,41	17,23	/	/	6,41
Total	45,40	/	20,00	/	
Total bassin versant	65,39				

Tableau. 1 : Récapitulatif des besoins en eau (M m3) destiné pour l’AEP dans le bassin versant de l’oued Kebir Ouest

Les besoins en eau potable dans les communes de la wilaya de Guelma (Bouati M et Roknia) sont évalués à 9,3 Hm³ en eau souterraine. Les besoins en eau potable dans les communes de la wilaya d’Annaba (Treat et Oued El Aneb) sont évalués à 6,41 Hm³ en eau souterraine. Pour la totalité du bassin versant une quantité globale de 65,39 Hm³ est distribuée.

Le secteur de l’agriculture : Pour les six communes de la wilaya de Skikda un volume de près de 34,07 Mm³ dont 22,676 Mm³ d’eau de forage, 10,98 Mm³ eau du barrage, 29 Mm³ des prises

directes des oueds et 0,42 Mm³ à partir des retenues collinaires, représentant ainsi un volume total dans tout le bassin versant de 71,838 Mm³

Pour les deux communes de la wilaya de Guelma, un volume de 4,835 Hm³ est distribué pour satisfaire les besoins en eau pour l'irrigation, un volume de 3,215 Hm³ est alloué pour l'irrigation des deux communes de la wilaya d'Annaba. (Tab : 2).

Les deux communes appartenant à la wilaya d'Annaba consomment un volume de près de 3,21 Mm³, dont 0,655 Mm³ à partir des forages, 2 Mm³ prises directes des oueds et 0,560 Mm³ des retenues collinaires.

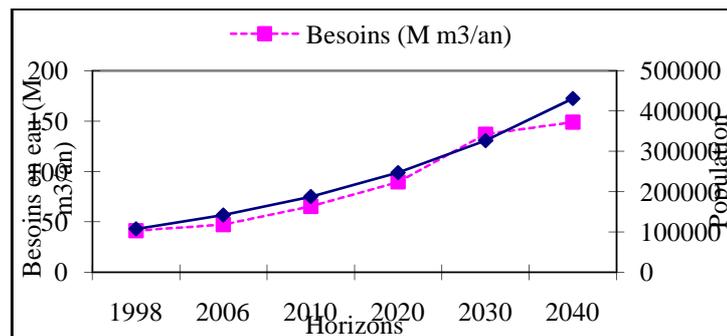
Tableau. 2 :Récapitulatif des besoins en eau (Mm³) destiné pour l'AEA dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest

Régions	Type d'eau							
	Forages		Barrage		Oued		R Collinaires	
	Hm3	%	Hm3	%	Hm3	%	Hm3	%
Skikda	22,676	94,32	10,98		29	82,85	0,425	23,39
Guelma	0,71	2,95	/	/	04	11,43	0,125	6,88
Annaba	0,655	2,73	/	/	02	5,71	0,560	30,82
Total	24,041		10,98		35		1,817	
Total BV	71,838							

Le secteur des industries dénombrées dans quelques communes de la wilaya de Skikda utilisent un faible volume de 0,760 Hm³ comparé à celui des deux autres secteurs.

4. Projection et évolution de la demande en eau

Pour pouvoir projeter des besoins en eau potable à court, moyen et long terme, il faut tenir compte de l'accroissement démographique de la région d'étude, cette population est en évolution constante (avec un taux d'accroissement moyen de 1.32 % / an) ce qui suppose une augmentation des besoins en eau potable. (Fig :2).



2: Evolution des besoins en eau potable en fonction de l'augmentation de la population dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest

L'évolution des besoins en eau pour l'agriculture dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest est liée directement à l'augmentation des terres agricoles irrigables. En effet, en projetant une augmentation de 10000 ha toute les dix années à venir, les besoins en eau pour l'agriculture augmenteront dans le même sens

La plaine d'Azzaba qui est un grand périmètre de 6276 ha dont 5654 ha équipé et irrigué par les eaux du barrage de Zit Emba avec une dotation de près de 18 Mm³/an et 15.65 Mm³/an des eaux de surfaces (forages, puits et retenues collinaires) pour un total de 33.65 Mm³/an en eau d'irrigation. Les petits et moyens périmètres sont irrigués par les eaux des retenues collinaires, forages, puits et prises d'eau des oueds. (Fig :3).

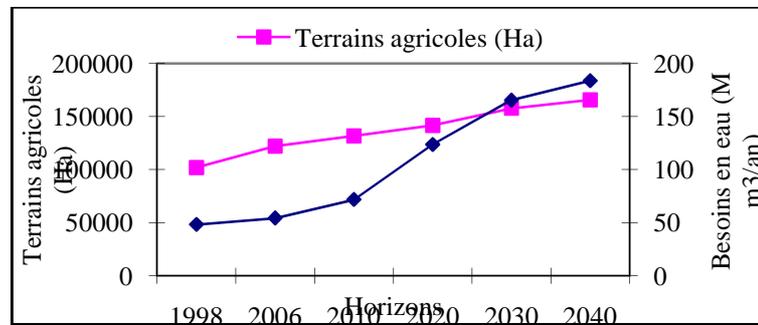


Figure 3: Evolution des besoins en eau d'irrigation en fonction de l'augmentation des terrains agricoles dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest

Pour la projection à court, moyen et long terme, un travail de confrontation des données élaborées par le passé (1998, 2006) avec les données actuellement mesurées (2010) et avec des projections à moyen et long terme sont utilisées depuis des années pour la mise en évidence de la réussite de la projection à long terme

Pour appliquer ce type de représentations à la ressource en eau disponible dans le bassin versant de l'oued Kebir Ouest, les données sont traduites en une courbe de consommation d'eau induite par la croissance démographique en fonction du temps (Fig : 4).

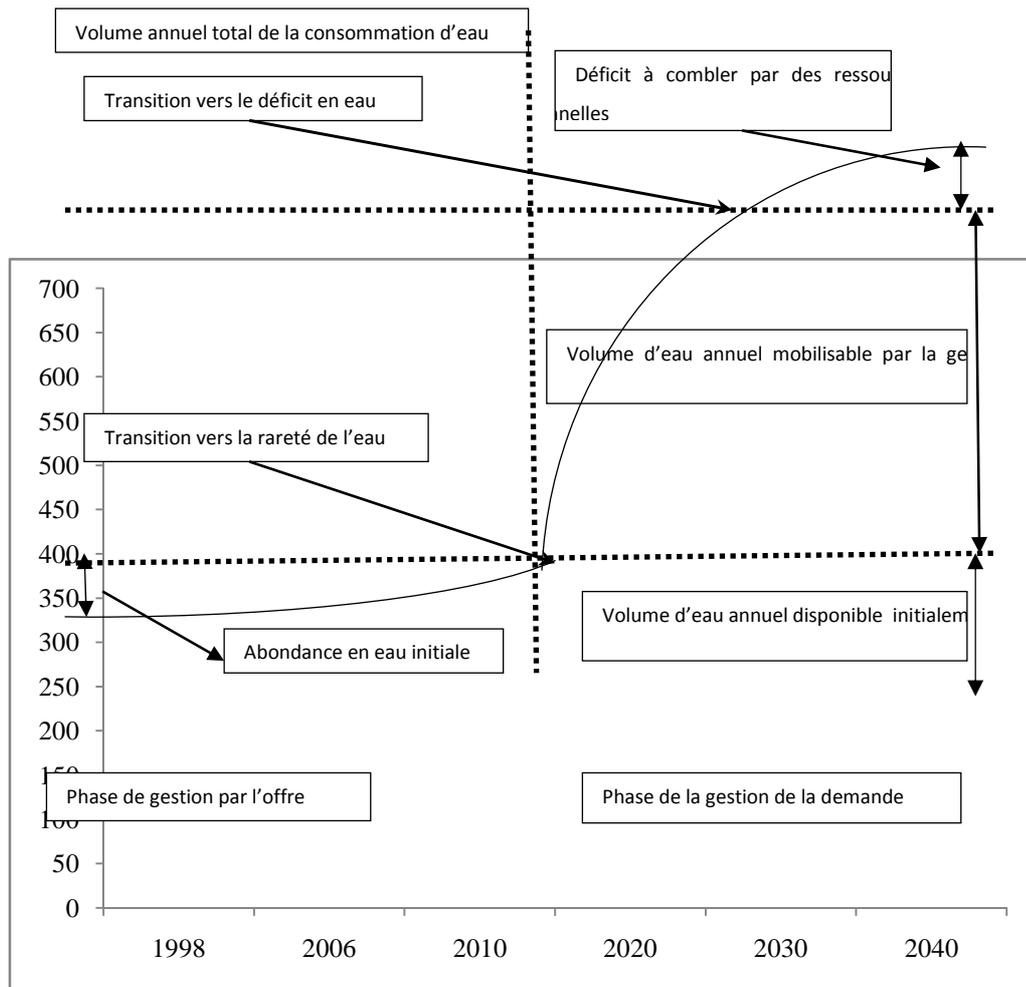


Figure. 4 :Modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande (Turton 1999).

Le modèle théorique de la transition de la gestion de l'eau par l'offre à la gestion de la demande pour les eaux du bassin versant de l'oued Kebir Ouest est résumé par :

- **Une abondance initiale en eau :** c'est une période où les volumes en eau annuel disponibles initialement sont largement supérieurs à la demande des secteurs utilisateurs de l'eau. Cette période s'étalera jusqu'au début de l'horizon 2020.
- **Une transition vers la rareté de l'eau :** Vers le début de l'horizon 2020 jusqu'à l'horizon 2030, les volumes d'eau annuel mobilisables par la gestion par l'offre commencent à devenir rares ou la demande en eau des secteurs dépassera les ressources disponibles.
- **Transition vers le déficit en eau :** Cette phase commence vers le début de l'horizon 2030 où la demande en eau dépasse les volumes disponibles, ou il faut combler ce déficit par des ressources en eau non conventionnelles. (Fig : 4)

5. Conclusion

L'augmentation de la demande en eau des agglomérations peut être ralentie malgré la forte croissance urbaine par une meilleure gestion de l'eau (réduction des fuites sur réseaux, tarification progressive, comptage systématique, forte sensibilisation des usagers) qui permettra de retarder, voire d'annuler, certains investissements lourds (barrages, canaux de transfert) initialement prévus, tout en répondant aux besoins de celles-ci. La mise en place d'une stratégie nationale d'économie d'eau d'irrigation pour permettre un recouvrement progressif des coûts et des instruments financiers, ciblées pour l'équipement des exploitations agricoles en technologies économes en eau et le soutien des revenus des agriculteurs, qui permettra la stabilisation de la demande en eau d'irrigation malgré le développement important de ce secteur.

Bibliographie

- [Benrabah, 2006] BenRabah S. (2006) : « *Etat actuel des ressources en eau dans la wilaya de Skikda (Essai de synthèse): Bilan-Gestion-Perspective* ». Mémoire de Magister, Université d'Annaba (150 pages).
- [Benrabah, 2013] Benrabah S, Kherici Bousnoubra Houria, Kherici Nacer & Cote Marc (2013):«*Assessment and management of water resources in Northeastern Algeria: case of watersheds Kebir West Safsaf and Guebli rivers, Skikda* »Springer, Appl Water Sci, ISSN 2190-5487, DOI 10.1007/s13201-013-0085-2, Vol 3, Numb 2. pp 351-357
- [Benrabah, 2013] Benrabah S, et al. (2013): «Caractérisation de la qualité des eaux de l'oued Kebir Ouest (Nord Est algérien), *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 26: pp 30 – 39.
- [Khelfaoui, 2008] Khelfaoui F. (2008) : « *Ressources en eau et gestion intégrée dans le bassin versant du Saf-Saf (Nord-Est algérien)* ». Mémoire de Magister, Université d'Annaba (129 pages).

L'UTILISATION DE L'EAU GEOTHERMALE DANS L'AMELIORATION DES PRODUCTIONS MARAICHERES DANS LES REGIONS SAHARIENNES

BEN SAYAH Faiza* ,E-mail: faizabon@gmail.com
CHELOUFI Hamid**, E-mail: cheloufi.ecosys@yahoo.fr

Résumé :

Les cultures sous serres dans notre région sont pratiquées dans une période où généralement les conditions climatiques s'écartent des exigences des plantes.

Le développement des techniques de chauffage des serres a connu un intérêt important par la profession au vu des retombées économiques plus qu'encourageantes, malgré que les serres constituent un moyen d'amélioration du calendrier de production et de rendement par rapport au plein champ ; cependant, la couverture en elle-même ne suffit pas à assurer à la plante une température minimale permettant de réaliser l'objectif de production.

Le présent travail de recherche a été réalisé dans des conditions agro-écologiques sahariennes au niveau de la station expérimentale de l'ITDAS de Hassi Ben Abdallah (Ouargla), il avait pour objet d'affirmer l'intérêt du chauffage des serres par géothermie.

L'eau mobilisée pour le chauffage des serres appartient au continental intercalaire et jaillit à 58°C.

Les principaux résultats obtenus indiquent :

- ❖ une nette amélioration de l'environnement de la plante par une élévation assez significative de la température du sol et de l'air (un gain de température de l'air dans la serre chauffée de 4 à 8°C par rapport à la serre non chauffée et de 2 à 4°C de la température du sol).
- ❖ une amélioration de la hauteur, de la floraison et de la nouaison des plantes.
- ❖ une augmentation de rendement jusqu'à 170% comparativement à celle de la serre non chauffée.
- ❖ une amélioration de la qualité du produit par un meilleur calibre des fruits et un gain appréciable de précocité (21 jours). qui, tout deux, ont une influence sur le prix de vente.

Enfin, le dimensionnement du système d'apport d'énergie dans les serres doit être revu afin d'optimiser davantage les paramètres climatiques propres à la production de la tomate sous serre ainsi que le développement de la géo-serriculture en Algérie peut avoir des répercussions intéressantes sur le plan social essentiellement par la création d'un grand nombre d'emplois à plusieurs niveaux et des retombées économiques appréciables tant pour le pays que pour les promoteurs.

Mots clés : eau géothermale, tomate, Ouargla-Algérie.

Introduction :

La recherche de la précocité et de la productivité élevée est un souci chez le maraîcher car elle constitue pour eux une source de profit en mettant sur le marché des produits en dehors de leur période normale de production à des prix élevés.

Les cultures sous serres dans notre région sont pratiquées dans une période où généralement les conditions climatiques s'écartent des exigences des plantes.

Le développement des techniques de chauffage des serres a connu un intérêt important par la profession au vu des retombées économiques plus qu'encourageantes, malgré que les serres constituent un moyen d'amélioration du calendrier de production et de rendement par rapport au plein champ ; cependant, la couverture en elle-même ne suffit pas à assurer à la plante une température minimale permettant de réaliser l'objectif de production.

Ce chauffage est le fait de la mobilisation des énergies renouvelables telles que la géothermie. Cette dernière, source d'énergie nouvelle, douce et renouvelable, a été jugée comme étant la plus intéressante au vu du prix d'exploitation (C.D.E.R, 1997).

Le chauffage des serres par les eaux chaudes a été retenu pour multiples raisons à savoir:

- ❖ l'amélioration de la production maraîchère.
- ❖ la disponibilité des eaux chaudes géothermales dans la région.
- ❖ la possibilité de recyclage des eaux après refroidissement à des fins d'irrigation.
- ❖ La géothermie est une source d'énergie nouvelle, douce et renouvelable, a été jugée comme étant la plus intéressante au vu du prix d'exploitation.

Mise en évidence de l'importance du potentiel géothermique dans le sud Algérien :

Le potentiel énergétique des puits du sud algérien est considérable. Le refroidissement de l'eau d'un puits artésien jaillissant à 60°C et à un débit de 150 l/s, lorsqu'il est réalisé en chauffant des serres 14 heures/jour et pendant 120 jours, libère environ 22.680.000 MCal, ce qui est équivalent à une économie d'énergie de 18.224.220 DA.

Le potentiel des forages existants dans les régions de Ouargla, Biskra et de Touggourt est évalué à 3421 (l/s), ce qui nous permet de chauffer 9.000 serres avec un gain en énergie de 415.633.740 DA.

Le potentiel énergétique des forages profonds, réalisés dans le sud algérien pour l'irrigation des cultures, représente donc une source très importante et une possibilité prometteuse pour le chauffage des serres.

Le système de chauffage :

L'eau arrive au niveau de la serre à 58°C et ressort à 33°C après avoir traversé des tubes annelés en polypropylène de 25mm de diamètre avec un débit de 0.33 l/s à raison d'une boucle par rangée de plants. Le fonctionnement du système est manuel.

Après avoir servi au chauffage, l'eau est récupérée à la sortie de la serre et utilisée pour l'irrigation ; l'utilisation des tubes en polypropylène de 25 mm de diamètre présentent les avantages techniques et économiques suivants :

- ❖ augmentation considérable de la surface d'échange : épaisseur réduite favorisant les échanges entre l'eau et le milieu ambiant, provoquent une turbulence à l'intérieur du tube en augmentant ainsi le brassage de l'eau et la dispersion des calories, diminution de la formation des bulles d'air dans le circuit de chauffage et bonne répartition des débits dans les tubes de chauffage.
- ❖ la disposition des tuyaux de chauffage dans la serre assure la répartition de l'énergie en tenant compte des ouvertures et des portes d'aération.
- ❖ la disposition qui se trouve actuellement dans la serre étudiée est en boucle simple (aller/retour) ; cette façon est très économique mais présente une distribution non homogène de la chaleur et la température de l'eau chaude diminue avec la distance parcourue.

Dispositif expérimental :

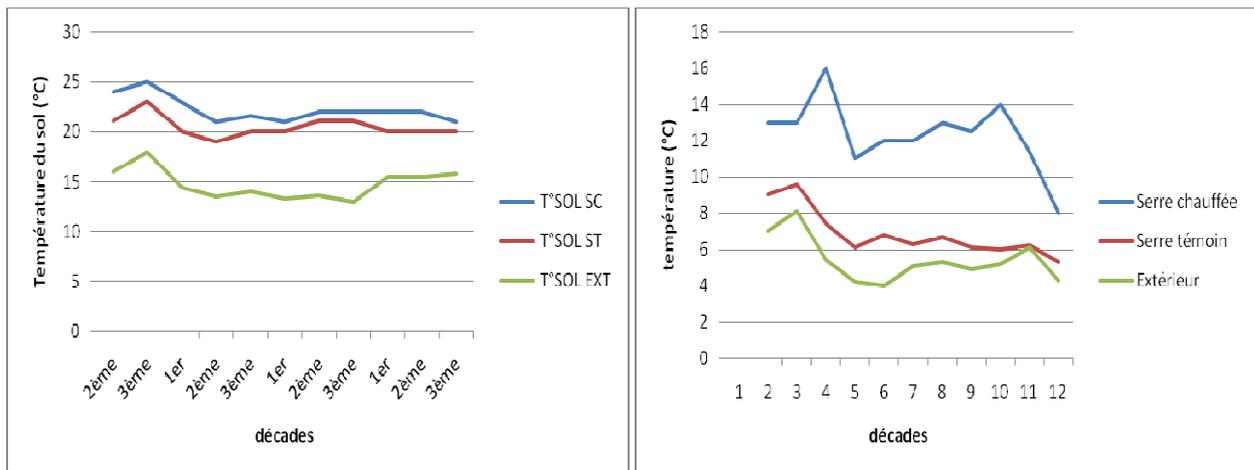
Le dispositif expérimental adopté est celui de bloc aléatoire complet comportant 2 traitements à savoir la serre chauffée (chauffage de serre par la mise en place de tuyaux annelés disposés au sol) et la serre non chauffée. Trois répétitions (blocs), chaque bloc est composé de six parcelles contenant les six variétés de tomate. L'essai au total présente 36 parcelles élémentaires.



Résultats et discussion

1*Conditions d'expérimentation

Tout au long du cycle végétatif de la culture, nous avons mesuré les paramètres climatiques discriminants à savoir la température minimale de l'air, la température du sol et l'humidité de l'air.



Evolution décadaire de la température minimale de l'air Evolution décadaire de la température du sol

Les principaux résultats indiquent clairement les avantages du film plastique quand à l'amélioration de l'environnement climatique de la culture, la température de l'air est meilleure par rapport à l'extérieur ; celle-ci est davantage améliorée dans le cas de la serre chauffée à l'eau géothermale. En effet, on constate une nette supériorité de la serre chauffée par rapport à la serre non chauffée faisant ressortir des différences de températures minimales de l'air allant de 4 à 8°C entre la serre chauffée et la serre non chauffée et de 5 à 9°C entre la serre chauffée et l'extérieur ce qui démontre l'effet bénéfique du chauffage sur le microclimat de la serre.

La température de l'environnement racinaire s'est nettement améliorée. En effet, pour la serre chauffée la température varie de 21 à 25°C alors qu'elle varié de 19 à 23°C pour la serre froide soit un gain de 2 à 4°C. Par rapport à l'extérieur, le gain varie de 7 à 9°C

2*Paramètres morphophysiologiques

*Hauteur des plantes

Le chauffage a augmente la vitesse de croissance des plantes d'une façon spectaculaire ainsi, on constate des différences de croissance jusqu'à 88 cm entre les deux serres. L'analyse de variance montre des différences hautement significatives des facteurs analysés (effet serre, effet variété et interaction) mettant en évidence l'effet positif du chauffage sur la croissance des plantes, le coefficient de variation est de 1.6%.

*Floraison

De façon générale, on constat un gain de précocité en matière de floraison pour l'ensemble des variétés testées ; ce gain est différent d'une variété à une autre variant de 8 Jours à 35 Jours entre la serre chauffée et la serre témoin.

*Nouaison

L'écart de début nouaison dans la serre chauffée est de 8 à 22 jours par rapport au témoin et pour la fin nouaison il est de 15 à 30 jours, cela est dû aux conditions optimales de température pour la

pollinisation et la germination du pollen. De ce fait, le chauffage a permis une amélioration significative de la nouaison dans le temps.

3*Paramètres de rendement :

***Précocité**

La précocité de récolte est un indice assez recherché par l'agriculteur puisqu'il lui permet des gains financiers substantiels, les résultats attestent de l'intérêt du chauffage. Se référant à la première récolte, l'écart entre la serre chauffée et la serre témoin est significative, le gain de précocité de 21 jour.

*** Rendement**

A partir des résultats obtenus, nous remarquons une différence assez significative généralisée à toutes les variétés entre la serre chauffée par rapport au témoin. Les rendements devenaient plus importants d'une récolte à une autre. Toujours utile et en matière de rendement cumulé, le rendement enregistré dans la serre chauffée est beaucoup plus important que dans la serre non chauffée.

Le rendement varie de façon hautement significative avec le chauffage, il passe de 202.54 qx/ha de la serre non chauffée à la serre chauffée avec 300.99 qx/ha soit une augmentation de 48.60%. L'analyse de variance fait sortir deux groupes homogènes, le groupe (**A**) représenté par la serre chauffée et le groupe (**B**) présenté par la serre non chauffée. Le coefficient de variation est de 0.7%.

***Poids moyen des fruits**

On remarque que le poids moyen des fruits de la serre chauffée est nettement supérieur par rapport à la serre non chauffée. Le poids moyen diffère d'une variété à une autre, ainsi le taux d'augmentation passe de 0.9% à 34% selon les variétés.

***Calibre moyen des fruits**

A partir des résultats, nous remarquons que le calibre des fruits est différent d'une serre à une autre, le calibre moyen passe ainsi de 6.72 cm obtenu sous serre chauffée à 6.46 cm obtenu dans la serre non chauffée soit une augmentation de l'ordre de 4.2%. Le coefficient de variation est de 2.4%.

Conclusion

Au terme de cet essai, nous pouvons confirmer l'action très bénéfique des eaux géothermales dans la modification de l'environnement de la culture.

- ✓ Amélioration significative des températures nocturnes de l'air (4 à 8°C) et du sol (2 à 4°C).
- ✓ Meilleur développement et croissance des plantes, on a constaté des différences de la hauteur moyen de (12 à 52 cm).

- ✓ Nette amélioration de la couple floraison-nouaison.
- ✓ Un gain appréciable de précocité, l'écart est de 21 jours.
- ✓ Un meilleur calibre des fruits.
- ✓ Une augmentation de poids moyen des fruits.
- ✓ Une large amélioration de rendement.

Les répercussions de développement de la géo-serriculture en Algérie sont intéressantes:

- ✓ sur le plan social essentiellement par la création d'un grand nombre d'emplois à plusieurs niveaux.
- ✓ sur le plan économique par des retombées appréciables tant pour le pays que pour les promoteurs.
- ❖ En fonction de l'impact très positif dans l'augmentation de la production, l'impact sur la précocité et la qualité des produits agricoles, du potentiel en énergie géothermique existant dans le sud du pays, de la simplicité de la mise en œuvre de cette technique ainsi que son coût réduit en investissements, du caractère non polluant de l'énergie utilisée; Nous recommandons:

Une vulgarisation assez large de l'utilisation de la géothermie dans le chauffage des serres agricoles pour espérer une augmentation significative de la production agricole en général et celle des cultures maraîchères en particulier.

UTILISATION DE SIG ET GÉOPHYSIQUE POUR MODÉLISER L'HYDRODYNAMISME DU CONTINENTAL INTERCALAIRE DANS LE BASSIN DE GABÈS (SUD-EST DE LA TUNISIE) –AFRIQUE DU NORD

Sihem Mhamdi^a, Faten Khlifi^a, Naziha Mokadem^a, Mouez Gouasmia^b, Younes Hamed^{a,b}

^aWater, Energy and Environmental Laboratory (L3E)-National Engineers College of Sfax (Tunisia) (ENIS). Street of Soukra Km 3.5, BP.W: 3038 Sfax-Tunisia. E-mail address: sihemhamdi@outlook.fr fatenkhli@outlook.com /nazouhmoka@gmail.com

^{a,b} Faculty of Sciences of Gabes. Department of Earth Sciences. City Campus Erriadh-Zirig 6072 – Gabes-Tunisia - E-mail address: hamed_younes@yahoo.fr

^b Faculty of Sciences of Gafsa

RESUME. Dans la région de Gabès, les baisses continues des niveaux piézométriques et l'augmentation de la salinité des eaux souterraines sont considérés parmi les problèmes environnementaux qui constituent un risque permanent de limitation des ressources en eau. Ce phénomène est très répandu particulièrement en zones arides et semi-arides. La mauvaise répartition spatiale des forages captant la nappe du Continental Intercalaire dans cette région, a contribué à une baisse continue du niveau piézométrique ainsi que la salinisation des eaux, ces phénomènes sont liées parallèlement à l'intensité des changements climatiques. En se basant sur la corrélation entre les données géophysiques des forages hydrauliques implantés dans la zone d'étude ainsi que sur les données structurales obtenues par l'interprétation des profils sismiques disponibles, on peut constater qu'une telle situation aura certainement des conséquences négatives sur de nappe de la Djefara qui reçoit une grande partie de sa recharge à partir des eaux du Continental intercalaire.

MOTS CLES: climat, salinité, piézométrie, géophysique, SIG, bassin de Gabès.

KEYWORDS: Climate change, groundwater, salinity, piezometric level, Gabes basin, Tunisia.

1. Introduction :

Les régions semi-arides et arides sont particulièrement exposées aux impacts des changements climatiques sur les ressources hydriques. La région de Gabès très sensible aux changements climatiques avec tendance prononcée à l'exploitation abusive des eaux souterraines thermales du Continental Intercalaire, tendance qui s'accompagne par la salinisation des eaux.

2. Localisation géographique

Située au Sud- Est de la Tunisie, la zone d'étude s'étend sur une superficie de 7.166 km², soit environ 8% de la superficie de la région du Sud et 5% de la superficie totale du territoire national. Elle occupe une position géographique privilégiée, constituant un important carrefour de passage et un lien entre le Sud-est et le reste du pays.

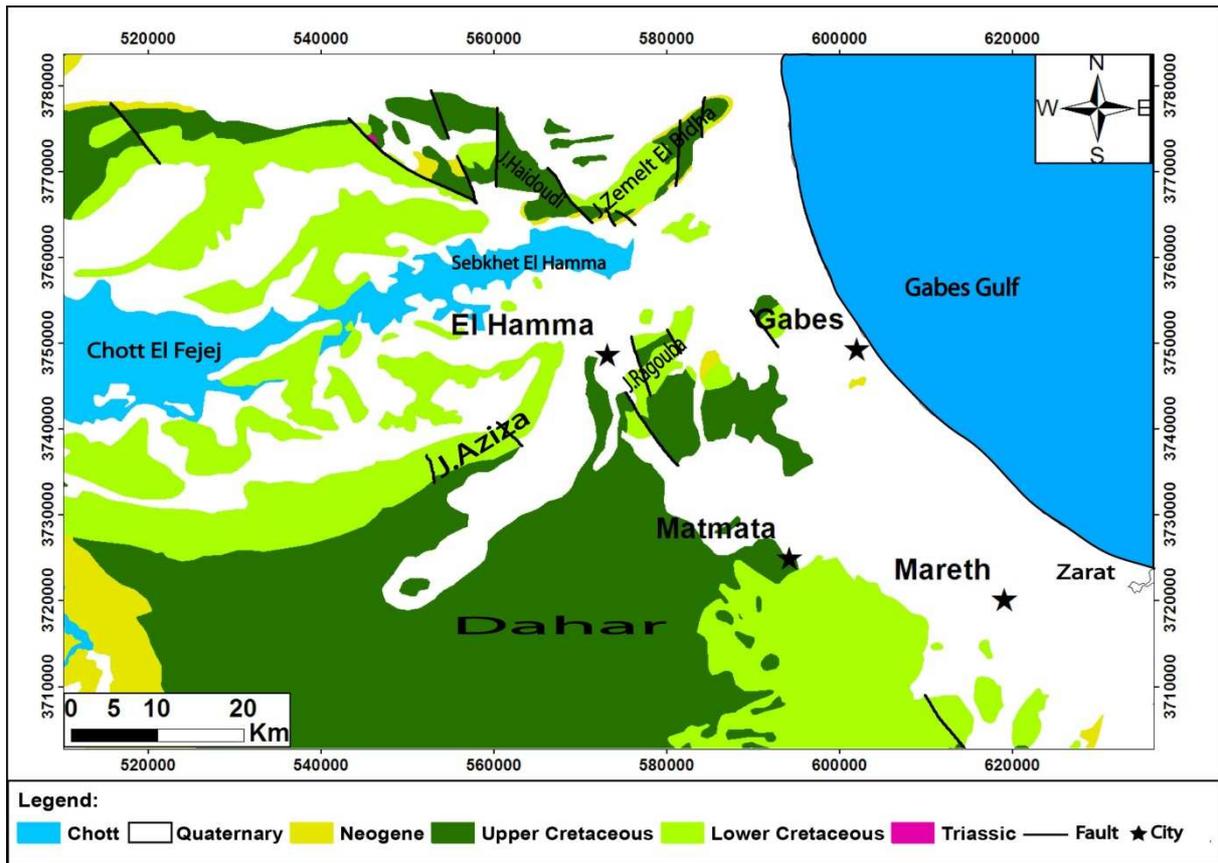


Figure 1. Carte de localisation du secteur d'étude

La zone d'étude est située au sud-est de la Tunisie et occupe une position qui a toujours été stratégique, par sa position littorale et par le Golfe de Gabès, elle bénéficie d'une ouverture sur la Méditerranée qui a aussi été un facteur fondamental de l'organisation de l'espace et du développement économique.

3. Cadre climatique

Par sa situation privilégiée, la zone d'étude se caractérise par un climat méditerranéen aride à semi-aride soumis à des influences des températures chaudes venant du Sud et d'autres fraîches venant du Nord. La région de Gabès appartient à l'étage bioclimatique aride supérieur à hiver doux influencé par le climat méditerranéen. Située entre deux courants différents, au Sud le Sahara et à l'Est la méditerranée, cette zone subit des variations importantes d'une année à l'autre occasionnant des épisodes de sécheresse et d'inondation.

4. Utilisation de géophysique et SIG :

Une confrontation des données géophysiques et climatiques est nécessaire afin d'élaborer une vision générale sur la région de Gabès. Par ailleurs, une synthèse géophysique peut compléter utilement les résultats climatiques et hydrogéologiques. L'objectif est de mieux reconnaître en

profondeur la structuration des systèmes aquifères de la Jeffara et du Continental intercalaire dans la zone de Gabès. Une telle reconnaissance géophysique devrait permettre de mieux délimiter les aquifères, de maîtriser le mécanisme de leurs écoulements souterrains, de mieux comprendre les relations éventuelles entre ces systèmes aquifères et de prévoir l'impact sur leurs piézométries. Ceci serait indispensable pour orienter les futures études hydrogéologiques et géophysiques qui seront menées dans la zone de Gabès (Mhamdi, 2010).

Dans l'extrême Sud Tunisien, les forages captent l'un des niveaux suivants : les sables Néocomiens, les sables Barrémiens, la dolomie Aptienne ou le Continental Intercalaire indifférencié. Certains forages très rapprochés, captent des niveaux différents ce qui permet de comparer leur piézométrie. L'étude de l'évolution de l'exploitation du Continental Intercalaire montre que cette nappe profonde est intensément exploitée par des nombreux forages. Ceci induit des effets néfastes sur l'artésianisme de la nappe. La nappe est surexploitée par un nombre considérable de puits de surface dont le nombre ne cesse de croître. Les eaux sont de mauvaise qualité chimique et elles présentent des minéralisations importantes. Le résidu sec présente des valeurs 0,4 et 6,5 g/l. Les origines principales de cette minéralisation sont liées à la dissolution des évaporites confirmée par les indices de saturation des eaux vis-à-vis de ces minéraux (Jamel, 2012).

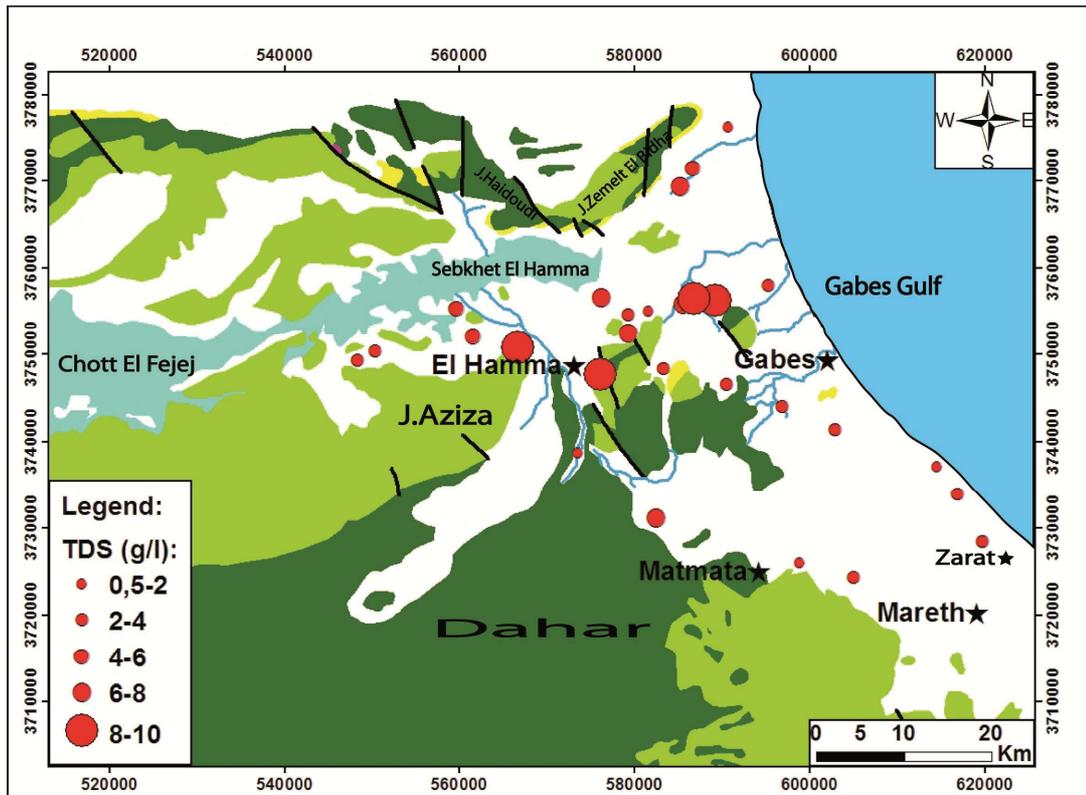


Figure 2. Carte de salinité

Les systèmes d'information géographique (SIG), constituent des outils modernes permettant l'étude complexe des phénomènes environnementaux à l'échelle spatiale et temporelle. Ce sont des techniques très efficaces utilisées de plus en plus pour aider à la gestion des différents problèmes liés à l'environnement (Dao et Giacomel, 2002 ; in Zaharia, 2010). Les techniques spécifiques aux SIG nous ont été très utiles pour déterminer les données spatiales et climatiques de la zone d'étude. Elles ont été utilisées en fait pour créer une carte d'évolution de la salinité des eaux de surface et sous terraines.

Références:

[1] Mhamdi, A., 2010. Caractérisation géophysique des aquifères de la Jeffara et du continental intercalaire dans la région de Gabès (Tunisie méridionale), p 19.

[2] Jamel, I., 2012. Caractérisation hydrogéologique, hydrochimique et géothermique des aquifères du bassin d'El Hamma-Gabès (Sud Est Tunisien), p 118.

[3] Zaharia, L., 2010. Utilisation de la télédétection et des SIG dans la régionalisation hydrologique, p 2.

ETUDE DE LA VARIATION DE LA CONDUCTIVITE THERMIQUE EN FONCTION DE LA POROSITE - DONNEES DU FORAGE HS-36 DE L'ISLANDE

1Ouali S., 2Haraldsdóttir S. H., 3Benaïssa Z., 3Benaïssa A.

1 Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER), BP.62, Route de l'Observatoire, 16340, Algiers, Algeria. E-mail : s.ouali@cder.dz

2 Íslenskar orkurannsóknir / Iceland GeoSurvey Grensásvegur 9, 108 Reykjavík.

3 Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène, Faculté des Sciences de la Terre, Dpt de Géophysique, BP.32, El Allia, Bab-Ezzouar, Alger, Algérie.

Résumé -Plusieurs auteurs ont étudié la conductivité thermique des roches (Cermak et Rybach, 1982 ; Stefansson, 1997).; les résultats de leurs recherches ont confirmé qu'elle est reliée à la porosité. Cette étude s'intéresse à la variation de la conductivité thermique en fonction de la porosité sur les bases de données récentes recueillies au niveau du forage HS-36 au sud-ouest de la ville de Reykjavík. Des logs de température, caliper, résistivité et NN- gamma de haute résolution, ont été exécutés en août 2009 dans le puits HS-36 en vue d'analyser les variations de la conductivité thermique en fonction de la porosité. Une étude détaillée, portant principalement sur les profondeurs comprises entre 400 et 600 m, est effectuée. Le gradient de température a été étudié là où le flux de chaleur vertical est constant et ne peut avoir une composante horizontale. Les résultats obtenus montrent une diminution de la conductivité thermique avec l'augmentation de la porosité et que la relation entre la conductivité thermique et la porosité est proche de l'équation moyenne harmonique.

Mots-clefs :Conductivité thermique - Porosité -Géothermie.

1. INTRODUCTION

Le forage géothermique HS-36 (Fig.1) est situé dans la partie sud de Reykjavík en Islande. Il est localisé dans le champ géothermique de basse température de Laugarnes.

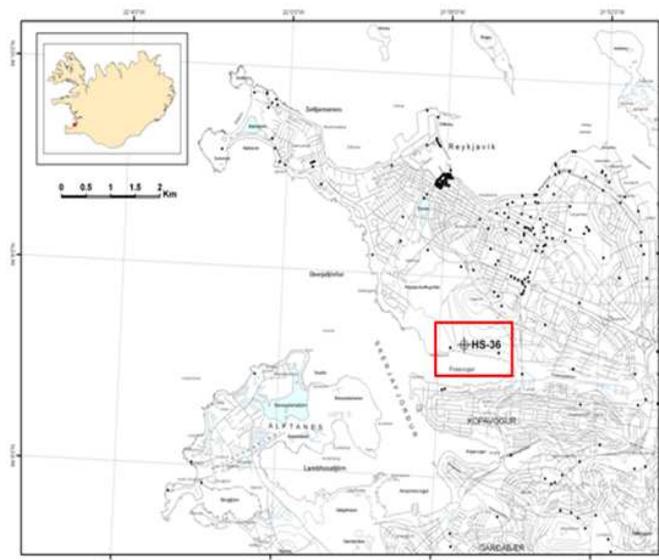


Fig.1 Localisation du forage HS-36, Reykjavík, Islande, Carte (ÍSOR, 2009).

Les diagraphies (température, caliper résistivité, neutrons neutrons et gamma) ont été mesurés pendant la période du 10 au 11 août 2009 dans le forage HS-36 (Fig.1). Les données ont été enregistrées en utilisant le logiciel de haute résolution WARRIOR avec un pas d'enregistrement $\Delta z = 0,076$ m.

2. ANALYSE DES DONNEES

Les logs de diagraphies mesurés et corrigés constituent les données à partir desquelles sont calculés les paramètres physiques recherchés à savoir : la conductivité thermique, la résistivité et la porosité entre l'intervalle de profondeur 400 m et 600 m.

2.1. Log de gradient géothermique

Le log de gradient géothermique, entre 400 et 600 m de profondeur (Fig. 2), montre clairement qu'il existe relativement de petites variations dans le gradient de température avec la profondeur. Le log gradient géothermique à haute résolution nous a permis d'identifier 7 intervalles où le gradient de température est pratiquement constant

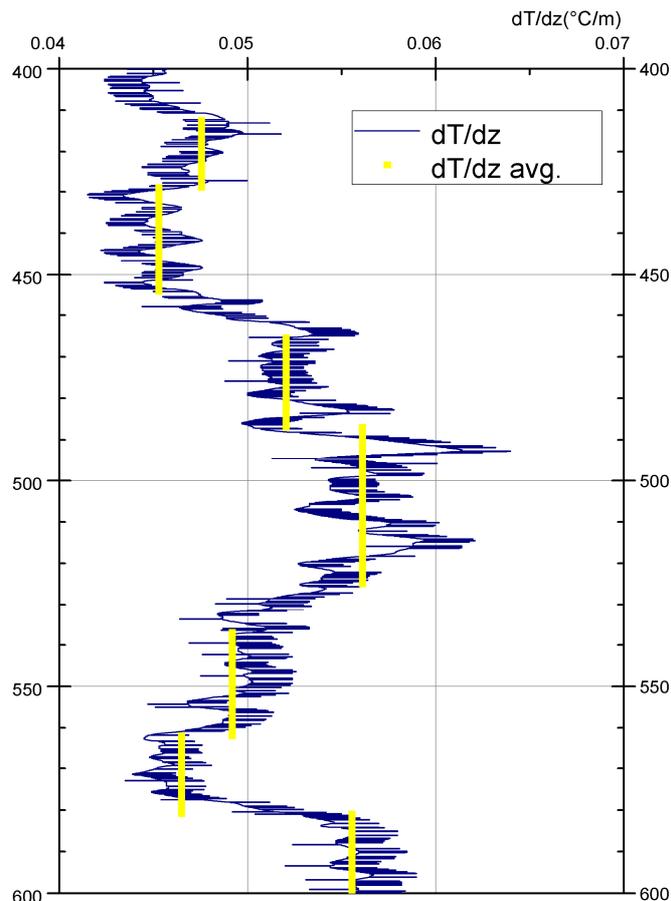


Fig. 2. Log du gradient géothermique et gradient moyen calculé pour les sept intervalles sélectionnés, HS-36, Reykjavík, août 2009.

Tab.1. Les porosités, résistivités, conductivités thermiques et gradients géothermiques moyens calculées pour les sept intervalles de profondeur sélectionnés du forage HS-36, Reykjavík, Islande.

1.1. N°	Intervalles de profondeurs [m]	Porosité moyenne [%]	Résistivité moyenne [Ωm]	Conductivité thermique [$\text{Wm}^{-1}\text{°C}^{-1}$]	Gradient géothermique [°Cm^{-1}]
1.2. 1	412-429	11.2	173	1.97	0.04755
1.3. 2	429-454	18.8	28.5	2.06	0.04527
1.4. 3	465-487	10.9	169	1.80	0.05204
1.5. 4	487-525	29.8	30	1.67	0.05611
1.6. 5	537-562	20.3	69	1.90	0.04919
1.7. 6	562-581	18.9	75	2.01	0.04649
1.8. 7	581-600	39.0	15	1.69	0.05555

Pour chaque intervalle, sont calculées les moyennes de gradient géothermique, de porosité, de résistivité et de conductivité thermique. Dans le tableau 1 sont représentés les intervalles de profondeur ainsi que les valeurs moyennes calculées de porosité, de résistivité, de conductivité thermique et de gradient géothermique

Les données obtenues des conductivités thermiques et les porosités correspondantes aux sept intervalles de profondeur sélectionnés à partir du forage HS-36 sont comparées avec des courbes théoriques.

2.2. Equations théoriques

Plusieurs auteurs ont étudié expérimentalement la relation entre la conductivité thermique et la porosité (Stefansson, 1997; Cermak et Rybach, 1982) et ont conclu que la variation dans les mesures de conductivité thermique pour différents types de roches est largement due à la variation de la porosité. Dans ce contexte, Beck (1976), qui a étudié cette relation en se basant sur des échantillons de roches issus de forages géothermiques, a précisé que quatre principales équations empiriques devraient illustrer la relation entre la conductivité thermique et la porosité :

1. l'équation à moyenne pondérée ou linéaire : $k = \phi k_w + (1 - \phi)k_r$ (1)

2. l'équation harmonique moyenne : $\frac{1}{k} = \frac{\phi}{k_w} + \frac{(1-\phi)}{k_r}$ (2)

3. l'équation géométrique moyenne : $\text{Log}k = \phi \text{log}k_w + (1 - \phi) \text{log}k_r$ (3)

4. l'équation de Maxwell : $k = k_r \left(\frac{(2r+1)-2\phi(r-1)}{(2r+1)+\phi(r-1)} \right)$ (4)

où ϕ est la porosité, ici sous forme de fraction, k la conductivité thermique [$\text{Wm}^{-1}\text{°C}^{-1}$], k_w la conductivité thermique de l'eau, k_r la conductivité thermique de la roche matrice [$\text{Wm}^{-1}\text{°C}^{-1}$] et $r = \frac{k_r}{k_w}$ le rapport de la conductivité thermique de la roche matrice et de l'eau.

Deux équations théoriques ont été utilisées pour comparer les données obtenues du forage HS-36 : la moyenne harmonique (équation 1) et la moyenne géométrique (équation 3). La conductivité thermique de l'eau ($K_w = 0,628 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) et la conductivité thermique de la roche matrice ($K_r = 4 \text{ W/m}^\circ\text{C}$) qui sont utilisées dans ces équations sont celles de Stefánsson (1997). La figure 3 représente les résultats à partir du forage HS-36 et les courbes théoriques.

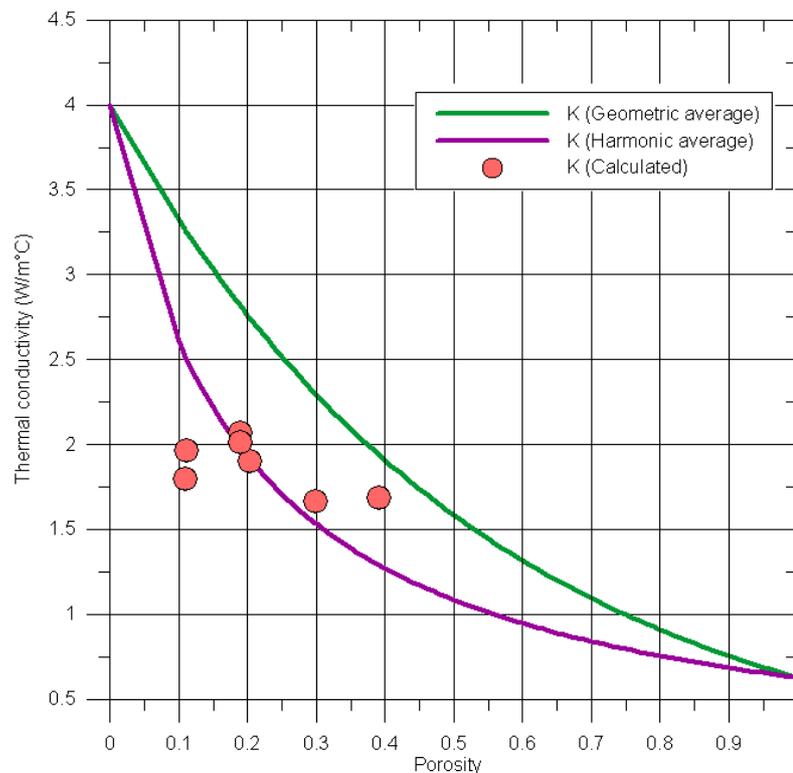


Fig. 3. Courbes à partir de Stefánsson (1997) et résultats à partir des données du forage HS-36, Reykjavík, Islande, août 2009.

3. CONCLUSIONS

Nous constatons sur la figure 3 que la conductivité thermique diminue avec l'augmentation de la porosité, sauf pour le 1^{er} et le 3^{ème} point correspondant au 1^{er} et le 3^{ème} intervalle de profondeur, caractérisé par de très faibles porosités résultant des hautes valeurs de NN.

Les résultats obtenus à partir du forage HS-36 montrent que la conductivité thermique décroît avec l'augmentation de la porosité. La comparaison de ces données avec les équations théoriques la

moyenne harmonique et la moyenne géométrique montre que les résultats obtenus à partir du forage HS-36 coïncident relativement bien avec la courbe théorique représentant l'équation moyenne harmonique.

Références

- Beck, A. E., (1976). *An improved method of computing the thermal conductivity of fluid-filled sedimentary rocks*. Geophysics, 41-11, 133-144.
- Cermák, V., and Rybach, L., (1982). *The thermal conductivity and specific heat of minerals and rocks*. In: Angenheister, G. (ed.), Landolt and Börnstein V/I: Physical properties of rocks. Springer Verlag, Heidelberg-Berlin-NY, 305-344.
- Czubek J.A. (1981). *Some aspects of nuclear well logging in igneous rocks*. Orkustofnun OS81009/JHD05, Reykjavik, Iceland.
- Flóvenz, Ó.G., and Saemundsson, K., (1993). *Heat flow and geothermal processes in Iceland*. Tectonophysics 225, 123-138.
- ISOR – Islande GeoSurvey. (2009). *ISOR database, Reykjavik Energy, Iceland*.
- Stefánsson, V., (1997). *The relationship between thermal conductivity and porosity of rocks*. The Nordic Petroleum Technology III, 201-219.
- Tómasson, J., (1983). *Well HS-36 in Nauthólsvík, geological logs, alteration, aquifers*. Orkustofnun, Reykjavík, report OS-93067/JHD-33B (in Icelandic), 9 pp.

LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE : COMPARAISON ENTRE VALEURS MESURÉES ET VALEURS PRÉDITES

Mohamed Amine BECHKIT¹, Abdelhakim BENTELLIS², Nabil CHABOUR³

- Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algeria^{1,2}. Université Constantine 1, Algeria³.
 - E - mail : mohamed-amine.bechkita@hotmail.fr¹, bentellishakim@gmail.com², nabilchabour@gmail.com³
-

➤ RESUME

Le but de cette étude est de réaliser des mesures de la conductivité thermique afin de valider une méthode de prédiction par le biais des réseaux de neurones, et de déterminer les différents paramètres qui peuvent influencer cette dernière.

Cette méthode prédictive utilise des enregistrements systématiques de diagraphies (Sonique, Densité, Neutron, résistivité, Gamma Ray) et, est calibrée principalement sur des données de forages ODP (ocean drilling program) qui sont caractérisées par leur faible profondeur (<1241.46m bsf). Nous présentons des mesures nouvelles de conductivité thermique sur 25 carottes. Le résultat principal est que l'estimation à une échelle intégrée par la sonde (valeur moyennée sur 10 m) donne de meilleures prédictions, avec 83 % des échantillons qui ont un écart relatif inférieur à 20%.

Les nouvelles mesures de conductivité thermique réalisées dans notre étude par la méthode de la barre divisée seront intégrées dans la base d'apprentissage principale permettant d'améliorer la prédiction dans la gamme de profondeur concernée.

Mots-clefs: réseau de neurone, conductivité thermique, forage.

Keywords : neural network, thermal conductivity, drilling.

INTRODUCTION

La connaissance du champ de température dans les bassins sédimentaires présente un intérêt à la fois en recherche fondamentale et pour l'industrie. A l'intérieur de la Terre, les transferts de chaleur peuvent prendre plusieurs formes, avec ou sans déplacement de matière. Ces transferts peuvent se faire par conduction, convection ou radiation.

Dans la lithosphère, le mécanisme de conduction domine. Il obéit à la loi de Fourier qui permet de définir le flux de chaleur q , orienté positivement des températures les plus hautes vers les températures les plus basses, comme :

$$\vec{q} = -\lambda \cdot \vec{\nabla} T \quad (1)$$

Avec

$$\vec{\nabla}(T) = \overrightarrow{grad}(T) = \left(\frac{\partial T}{\partial x}, \frac{\partial T}{\partial y}, \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (2)$$

où T est la température et x, y, z les trois variables d'espace.

Et λ est la conductivité thermique du matériau.

La conductivité thermique exerce donc un contrôle de premier ordre sur le flux de chaleur.

Le flux de chaleur terrestre peut être déterminé de différentes manières suivant les environnements :

- en domaine continental, on procède à des mesures de gradient de température dans des forages à l'équilibre thermique le plus profond possible, et on détermine la conductivité thermique sur des échantillons de roches provenant de carottes de forage ou d'affleurements voisins ;
- en domaine marin, on utilise des instruments adaptés ou des carottiers Kullenberg (typiquement d'une longueur de 5 à 15 mètres) sur lesquels sont répartis des capteurs qui peuvent à la fois déterminer la température et la conductivité thermique ;
- en domaine sédimentaire marin peu profond ou terrestre, les meilleurs résultats peuvent être obtenus en utilisant les informations de forages pétroliers à condition de pouvoir corriger les températures obtenues en dehors de l'équilibre thermique et d'estimer la conductivité thermique.

Nous nous intéresserons dans ce travail dans une première étape à la mesure de la conductivité thermique, et dans une deuxième étape à la prédiction de cette dernière à partir des diagraphies par le biais de la méthode des réseaux de neurones.

L'évaluation de la conductivité thermique est en général effectuée à partir de mesures trop ponctuelles pour être généralisées à un forage profond (Correia et Jones, 1996) ou à partir de modèles basés sur la minéralogie trop compliqués à mettre en œuvre (Brigaud, 1989).

Il existe deux types de méthodes permettant de mesurer la conductivité thermique en laboratoire: la méthode dite "stationnaire" et la méthode dite "transitoire". La méthode la plus utilisée en régime transitoire est celle de l'aiguille chauffante. Elle a été utilisée initialement par Van der Held et Van Drunen (1949) pour mesurer la conductivité thermique des liquides.

Elle fut ensuite adaptée pour mesurer la conductivité thermique de roches meubles ou consolidées en fonction de la température à pression ambiante. La méthode la plus précise en régime "stationnaire" est la méthode de la barre divisée, les mesures se font à température ambiante (23.05°C). Cette technique (Beck, 1957) consiste à prendre les 5 pastilles (d'un même échantillon cylindrique (30 mm)), découpées en différentes épaisseurs (1 cm, 8 mm, 6 mm, 4 mm, 2 mm) et à mesurer la conductivité thermique qui correspond à chaque pastille.

Nous avons réalisé dans cette étude des mesures de conductivité thermique sur 25 carottes prélevées dans des forages de Mer du Nord entre 3700 et 4200 m.

Cependant, les mesures de conductivité thermique en laboratoire sont longues et laborieuses, c'est pourquoi différents chercheurs ont essayé d'obtenir des relations entre les paramètres obtenus par diagraphies (porosité neutronique, temps de parcours sonore, densité de la roche, résistivité, rayonnement gamma) et la conductivité thermique (Goutorbe et al, 2006).

MATERIELS ET METHODES

Nous présentons, une nouvelle approche, basée sur les réseaux de Neurones, pour prévoir la conductivité thermique des roches sédimentaires. Cette méthode a été mise au point en supposant qu'il existe un lien entre la conductivité thermique et certaines propriétés physiques des roches mesurées systématiquement lors des diagraphies; ce lien a été déterminé par une méthode faisant appel aux réseaux de neurones et en s'appuyant principalement sur une base de données provenant des forages ODP (Ocean Drilling Project).

Elle consiste à utiliser des informations diagraphiques (Sonique, Densité, Neutron, résistivité, Gamma Ray) enregistrées systématiquement dans les forages d'exploration (dans notre cas, seront deux forage en Mer du Nord) comme des paramètres d'entrée, afin de prédire la conductivité thermique.

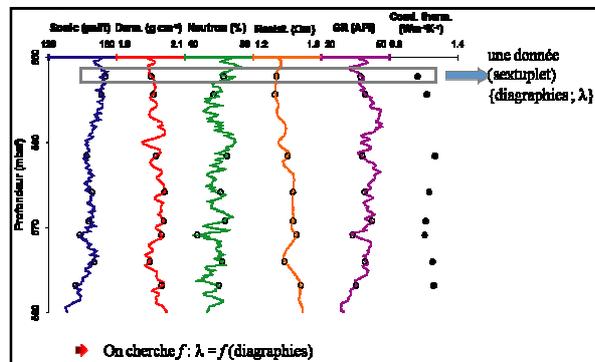


Figure 2 : Association de valeurs {diagraphies-conductivité}

Ses enregistrements systématiques de diagraphie fournissent des informations :

- sur la nature lithologique des roches (log diagraphique Gamma Ray).
- sur les propriétés mécaniques (la compaction ...) des roches (log Sonique).
- sur la porosité des roches (log Neutron).
- sur la densité des formations (log Gamma-Gamma), ou log density (densité).
- sur la nature lithologique (log Résistivité).

Nous avons pu obtenir deux types de données. Le premier groupe constitue la base d'apprentissage principale. Elle contient environ 100 forages, et 4737 données dont plus de 96 % sont des forages ODP nous avons représenté uniquement les forages ODP (récupérer de la part l'organisation scientifique ocean drilling program) et environ 4% sont des forages pétroliers (récupéré de la société pétrolière STATOIL).

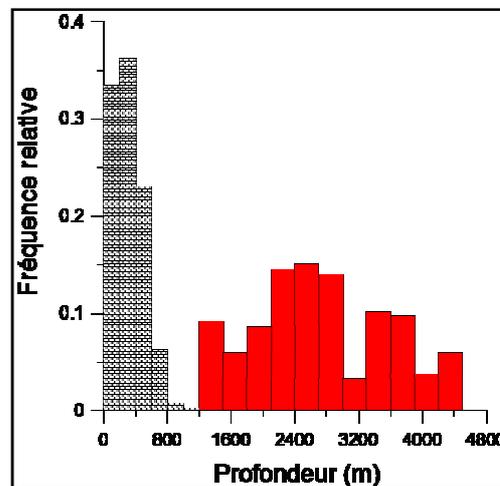


Figure 3 : Profondeurs de récupération des données

Cette base d'apprentissage principale couvre une large variété de contextes tectoniques et sédimentaires.

Le deuxième groupe correspond à celui des échantillons utilisés dans le présent travail. 25 carottes ont été récupérées dans un bassin sédimentaire à partir de deux forages pétroliers en mer du nord qui nous ont été fournis par la société pétrolière (TOTAL). Les profondeurs de récupération de ces échantillons sont relativement grandes, situées entre 3716.61 et 4261.81 m. Lithologiquement, les carottes se répartissent en 4 ensembles : grés (13 carottes), carbonates (2 carottes), argiles (6 carottes) et pélites (4 carottes). Ils sont issus de deux forages pétroliers.

Le jeu des exemples peut être divisé en trois sous-ensembles qui servent à entraîner les perceptrons multi-couches (PMC), arrêter l'entraînement et quantifier les performances prédictives :

- l'ensemble d'apprentissage est utilisé pour entraîner le PMC, c'est-à-dire optimiser ses paramètres. Elle contient environ 100 forages et 4737 données dont plus de 96 % sont des forages ODP,

- l'ensemble de validation n'est pas explicitement présenté au PMC pendant la phase d'entraînement, mais l'erreur induite sur celui-ci est calculée en parallèle et l'entraînement est interrompu lorsqu'elle atteint un minimum. Cette méthode est destinée à éviter que le PMC n'enregistre exactement l'ensemble d'apprentissage (on parle alors de surapprentissage) et ne généralise plus correctement,

- l'ensemble de test est complètement mis de côté lors de la phase d'entraînement. On l'utilise pour quantifier les performances prédictives du PMC après que ses paramètres sont optimisés.

Après avoir validé et testé cette base. Cette dernière sera utilisée pour prédire les conductivités thermiques de nos 25 échantillons issus des deux forages pétroliers en Mer du Nord.

RESULTATS

La représentation des 5 log diagraphiques associés à la base d'apprentissage principale reflète les conditions in situ des zones explorées.

Les deux forages pétroliers de la mer du Nord (où on a récupéré 25 échantillons) montre qu'ils ont les mêmes caractéristiques que ceux des forages pétroliers profonds, ces caractéristiques sont surtout une forte vitesse de propagation des ondes acoustiques (ondes P) et une faible porosité, nettement différentes de celles acquises dans les forages ODP, vu les profondeurs atteintes par ces forages qui vont au delà des 1200 m bsf des forages ODP.

On remarque à partir des données que les conductivités thermiques mesurées et corrigées sont toujours inférieures à celles qui ne sont pas corrigées, puisque la conductivité thermique globale dépend des conductivités de la phase fluide et de la phase solide. Sachant que la conductivité de l'eau augmente avec la température (Ozisik, 1985) alors que celle des particules solides décroît (Birch et Clark, 1940, Horai, 1971) mais généralement c'est la phase solide (la minéralogie) qui contrôle l'évolution de la conductivité thermique en fonction de la température.

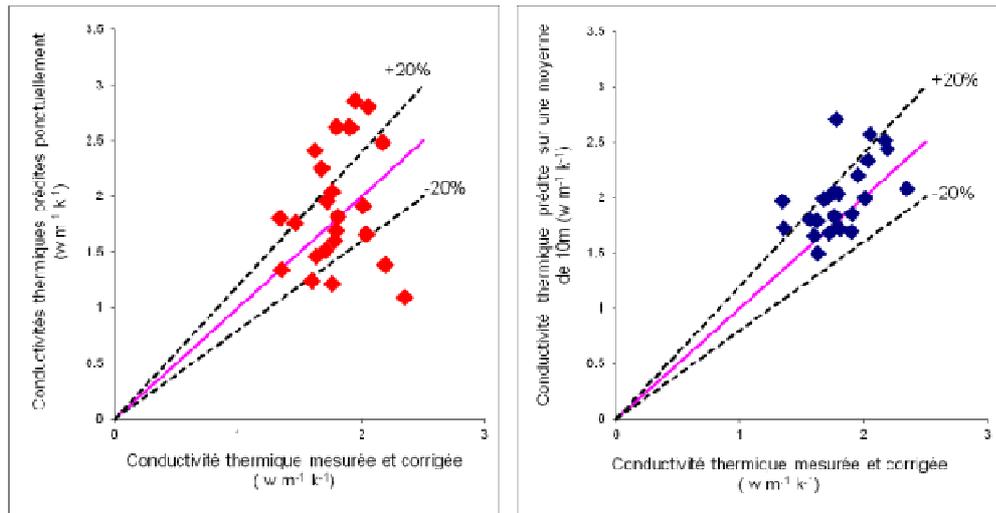


Figure 4 : intervalle de variabilité de la conductivité thermique.

On remarque aussi que les intervalles de variabilité de la conductivité thermique entre valeurs mesurées et corrigées et celles prédites ponctuellement, sont beaucoup plus larges que ceux observés entre une conductivité thermique mesurée et prédite sur une moyenne de 10 m. soit la nature lithologique des échantillons, à part les argiles qui semblent pas trop influencés.

CONCLUSION

Le volume d'intégration des sondes de diagraphie joue un rôle majeur dans les écarts entre observations et prédictions.

La méthode de prédiction permet une bonne estimation (à 20% près) des conductivités thermiques dans des forages pétroliers.

Les nouvelles mesures de conductivité thermique permettent d'améliorer la prédiction dans la gamme de profondeur concernée.

REFERENCES

- Beck, A., 1957. A steady-state method for the rapid measurements of the thermal conductivity of rocks. *J. Sci. Instr.* 34, 186–189.
- Birch, F. & Clark, H., 1940. The thermal conductivity of rocks and its dependence upon temperature and composition 1 and 2. *Amer. J. Sci.* 238:529–558, 613–635.
- Brigaud, F., 1989. Conductivité thermique et champ de température dans les bassins sédimentaires à partir des données de puits, Centre Géologique et Géophysique, université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France, 414 pp, Thèse.
- Correia, A. Jones, F.W. & Fricker, A., 1990. Terrestrial heat-flow density estimates for the offshore eastern Canada: *Geophysics* 55 (12), p. 1625-1633.
- Goutorbe, B. Francis, L. & Alain, B., 2006. Using neural networks to predict thermal conductivity from geophysical well logs, *Geophysics Journal International* 166, 115-125.
- Horai, K.I., 1971. Thermal conductivity of rock-forming minerals. *J. Geophys. Res.* 76.
- Ozisik, N., 1985. *Heat transfer, a basic approach.* McGraw-Hill Book Company.
- Van der Held, E. F. & Van Drunen, F.G., 1949. A method of measuring the thermal conductivity of liquids. *Physica* 15 (10), 865–881.
- Vidal, V., 2004. *Intéraction des différentes échelles de convection dans le manteau*, Thèse de doctorat, Institut de Physique du Globe de Paris.

LE PALEOGENE AU JEBEL CHERAHIL (AXE NORD-SUD, TUNISIE CENTRALE) :ASPECT RESERVOIR ET IMPLICATION HYDROGEOLOGIQUE

Asma.CHERMITI^a, Yahya. MOUMNI^b, M^{ed} Haythem MSADDEK^bet Mohamed Ben YOUSSEF^a

E-mail : asma.chermi@gmail.com

^aLaboratoire de géoressources, Centre de Recherches et des Technologies des Eaux (Certe), pôle technologique de Borj Cédria.

^bDépartement de Géologie, Faculté des sciences de Tunis, Campus El Manar.

Résumé :

Les dépôts du Paléogènes constituent l'ossature du Jebel Chérahil (Axe Nord-Sud, Tunisie centrale). L'étude lithostratigraphique de plusieurs coupes établies nous a permis d'identifier différents "formations géologiques" :

L'Eocène inférieur (Yprésien) est caractérisé par un dépôt carbonaté caractérisés par un système poreux complexe qui englobe une porosité inter et intra-cristalline ainsi qu'une porosité de fracture. Cette fracturation intense est responsable de la circulation des eaux.

L'Eocène moyen et supérieur est représentée par des alternances de marnes et des calcaires lumachelles qui représente un système hydrogéologique multicouche.

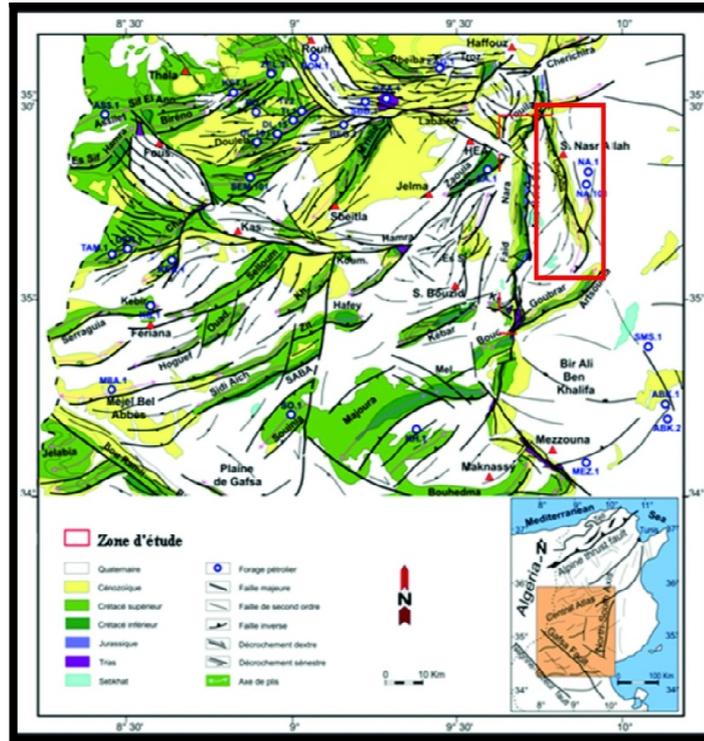
L'Oligocène est constitué par des dépôts détritiques essentiellement argilo-gréseux et sableux, admettant des intercalations carbonatés surtout à la base. Cette formation, de par la nature lithologique, constitue aussi un bon réservoir aquifère.

Mots clef : Paléogène, karstification, porosité, réservoir.

I. Introduction :

Située en Tunisie Centrale, le chaînon Chérahil fait partie de l'Axe Nord-Sud. Il se prolonge sur 33km environ. Sa direction générale est NNW-SSE, proche de celle de l'Axe N-S. Le massif Chérahil constitue un pli dissymétrique dont le flanc Est est très fracturé, redressé et parfois renversé alors que le flanc Ouest montre une structure plissée à pendage modéré (Rabhi, 2002). Il est limité au Nord par Jebel Hallouf et DrâaAffane, au Sud par Jebel Khecham El Artsouma, à l'Est par la plaine de Nasrallah et à l'Ouest par la plaine de Sidi Sâad et le chaînon de Sidi Khalif- Nara.

Le chaînon Chérahil est formé, du Nord vers le Sud, par le Jebel Siouf, Jebel Chérahil, Jebel El kabbaraet Jebel Es Siouf.



Localisation du zone d'étude dans la carte structurale de l'Atlas central (Zouaghi, 2008)

II. Outils et méthodes :

Le présent travail consiste à étudier les faciès du Paléogène de point de vue texture, la stratonomie des bancs et les figures tectono-sédimentaires, la fracturation, le rôle de la dissolution et l'intensité de la karstification et par conséquent, ses effets sur le potentiel réservoir. Cette analyse s'est effectuée en se basant sur l'étude de quatre coupes géologiques réalisées le long du chaînon.

III. Résultats et discussion :

1. Etude lithostratigraphique du Paléogène :

Le long du Jebel Chérahil, les dépôts de l'Yprésien, ont montré une variation remarquable aussi bien en épaisseur qu'en faciès. Ainsi, c'est au centre du massif qu'on a remarqué le maximum d'épaisseur. Vers les deux extrémités Nord et Sud du chaînon, on a observé un amincissement de la série. En revanche, le faciès de l'Yprésien passe, de calcaire à Nummulites (Formation El Garia), à un faciès dolomitique à rares Nummulites et à gastéropodes (Formation Ain Merhotta), puis vers le sud, on a un faciès gypseux (Formation El Faied).

Les dépôts de l'Eocène moyen et supérieur sont représentés essentiellement par deux unités marneuses présentant des intercalations plus ou moins épaisses de calcaires bioclastiques et lumachelles à huîtres (formation Chérahil inférieur et supérieur). Ces unités sont séparées par des barres de calcaires à petits Oursins (Le membre Siouf).

La formation Chérahil est représentée essentiellement par des Lamellibranches et des lumachelles noduleuses. Vers le sud du chaînon, on note la présence de banc massif du gypse.

Au cours de l'Oligocène, on assiste à une sédimentation d'un volume puissant de corps détritiques essentiellement argilo-gréseux et sableux admettant des intercalations carbonatés surtout à la base. La formation Fortuna constitue un bon réservoir aquifère.

2. Implication hydrogéologique:

L'étude lithostratigraphique, par le biais de l'analyse des coupes levées le long du chaînon Cherahil, met en évidence la présence de trois niveaux réservoirs hydrogéologiques qui peuvent être classés en deux catégories :

- **les réservoirs carbonatés**, représentés par :

- La formation Méthlaoui, d'âge Eocène inférieur (Yprésien). Ces carbonates sont caractérisés par un système poreux complexe qui englobe une porosité inter et intra-cristalline ainsi qu'une porosité de fracture. Ce phénomène est favorisé, d'une part, par une fracturation intense assurée par un système de diaclases, fentes et des failles d'orientation globale NW-SE. La majorité de ces fractures sont ouvertes ou partiellement colmatées par la calcite. Cette fracturation intense est responsable de la circulation des eaux qui a permis notamment le dépôt de la calcite dans les fissures.

- La formation Chérahil, d'âge Eocène moyen à inférieur représentée par des alternances de marnes et des calcaires lumachelliques qui représente un système hydrogéologique multicouche. En outre, on a remarqué le phénomène de la karstification au sein de ces carbonates surtout celles d'âges Yprésien. Ce phénomène améliore les caractéristiques pétrophysiques (la porosité et la perméabilité de ces calcaires). Ce phénomène est exprimé par des vacuoles, des poches karstiques ou karsts, des dolines, des avens... Ces derniers sont de tailles et de formes différentes. En revanche, ces dépôts sont caractérisés par une fracturation intense assurée par un système de diaclases, fentes et des failles d'orientation globale NW-SE. La majorité de ces fractures sont ouvertes ou partiellement colmatées par la calcite. Cette fracturation intense est responsable de la circulation des eaux qui a permis notamment le dépôt de la calcite dans les fissures. Elle est favorisée aussi par une porosité vacuolaire (vuggy porosity) représentée par des vides de formes très irrégulières. Ces cavités sont présentes, aussi bien au sommet qu'au sein des bancs. Ces vacuoles se trouvent parfois connectés verticalement et horizontalement entre eux. En effet, les dépôts de l'Yprésien, notamment

au Nord du secteur, sont caractérisés par l'abondance des Nummulites (formation El Garia). Au sein de ce faciès, on a remarqué la dissolution partielle ou totale des Nummulites. Cette porosité est dite « de moule ». A l'échelle de microfaciès, on a relevé une dissolution dite intra-particulaire qui a affecté la partie centrale des Nummulites. En ce qui concerne les figures de dissolution, on a pu remarquer dans la plupart du secteur Nord et centre du chaînon, un faciès vacuolaire et des fracturations qui se présentent à l'échelle micrométrique à centimétrique voire métrique. Cette fracturation est en faveur d'une porosité importante.

- **Le réservoir silico-clastique** : représenté par la formation Fortuna, d'âge Oligocène constituée par des dépôts détritiques essentiellement argilo-gréseux et sableux, admettant des intercalations carbonatés surtout à la base. Cette formation, de par la nature lithologique, constitue aussi un bon réservoir aquifère. Ce type de réservoir paléogène est représenté par les niveaux sablo-gréseux, intercalé par des argiles de la formation Fortuna et dont le pourcentage des sables et des grés dépasse 60%. Dans ce cas, on parle de réservoir à multicouches puisqu'il s'agit des couches de sables et/ou de grés, constituant le réservoir, séparés par des argiles.

L'étude géologique montre que l'écoulement s'effectue, vers l'EST en direction de la plaine de Kairouan, à l'interface entre les calcaires de l'Yprésien et les argiles de la formation El Haria. Ainsi que les sources qui perennent dans la région se situent sur le prolongement des accidents qui affectent la structure préférentiellement NW-SE. Quant à la variation de la salinité, signalée par L. Jeribi (2004) 6 g/l au forage Ajabna 3 (situé au Sud du massif) et 0.84 g/l au forage de Ain Soltane (situé au Nord du massif) serait en rapport avec la variation de faciès qui présente une tendance évaporitique vers le sud. Ces dépôts sont des aquifères potentiels du fait qu'ils se trouvent dans une zone largement accidentée et tectonisée donnant naissance à une série de sources qui jalonnent la formation, on cite: Ain Sidi Ali Ben Nasrallah, Ain Amara, Ain Soltane, Ain Meghotta,

IV. Conclusion :

La singularité du faciès du Paléogène, notamment par sa porosité liée à la dissolution et la fracturation, constitue un contexte sédimentaire favorable à l'emménagement des eaux et augmente davantage le caractère réservoir de ces dépôts.

Références :

JERIBI L. (2004) : Caractérisation hydrochimique et isotopique des eaux du système aquifère du bassin de Zeroud (Plaine de Kairouan, Tunisie centrale). Thèse Doct, Univ. Tunis. FST, Univ. Paris-Sud, U.F.R Scientifique d'Orsay.

RABHI M. (2002), Notice de la carte géologique de la Tunisie au 1/50000, Feuille n°79, Nasrallah.

- YAICH C. (1984)**, Etude géologique des chaînons de Cherahil et du Kchem El Artsouma (Tunisie centrale). – Liaisons avec les structures profondes des plaines adjacentes. Thèse de 3ème cycle, Univ. Franche-comté, Besançon, 165 p
- ZOUAGHI T., 2008.** Distribution des séquences de dépôt du Crétacé (aptien-maastrichtien) en subsurface : rôle de déformation tectonique, l'halocinèse et évolution géodynamique (Atlas Central de Tunisie). Thèse Troisième Cycle, Université de Tunis II, Tunisie, 372 p.

**COMBINATION OF GEOPHYSICAL AND GIS METHODS FOR THE DEVELOPMENT
OF 3D MODELS IN THE MULTI-AQUIFER SYSTEM OF NORTH GAFSA BASIN
(CENTRAL TUNISIA).**

Naziha Mokadem^a, Belgacem Redhaounia^c, Abedslem Demdoum^c, Younes Hamed^{a,d}, Salem Bouri^a, Rihab Hadji^c,

^aWater, Energy and Environmental Laboratory (L3E)-National Engineers College of Sfax (Tunisia) (ENIS). Street of Soukra Km 3.5, BP.W: 3038 Sfax-Tunisia. E-mail address: nazouhmoka@gmail.com/ salem_bouri@yahoo.fr/ hamed_younes@yahoo.fr,

^b Water Researches and Technologies Center Borj-Cedria (CERTE), BP 273 Soliman 8020, Tunisia, belgacem.redhaounia@yahoo.fr.

^c Geology and Environmental Laboratory, Institute of Earth Sciences, University of Sétif-Algeria. E-mail address: slimdem@yahoo.fr/ hadjirihab@yahoo.fr

^d Faculty of Sciences of Gabes. Department of Earth Sciences. City Campus Erriadh-Zirig 6072 – Gabes-Tunisia - E-mail address: hamed_younes@yahoo.fr/

Abstract:

Groundwater is the most important source of water supply in central Tunisia. The North Gafsa basin contains a multi-layered aquifer with three principal levels: lower cretaceous (Sidi Aich Formation) upper cretaceous and Mio-plioquaternary (MPQ) in our study we have used a multidisciplinary approach based on geologic data (field geology, measurement of fracturing) and geophysical data (Seismic profiles, reflection 2D, well diagraphic...) and the contribution of GIS.The compilation of the collected data allowed to determine the Trias ascent (rise) located in J. Ben Younes through seismic profile (Gattar basin, gafsa strict slip- fault) . we have noticed that the Trias affected the water salinity of Ain chfaa spring.

Key words: Gafsa Basin, Gis, Geophysical, Ain chfaa

1. Introduction:

La région de Gafsa comme la plupart des régions du sud de la Tunisie puise ses ressources hydrauliques essentiellement en sub surface. Elles sont considérées parmi les plus importantes du Gouvernorat de Gafsa et sont utilisées pour les besoins industriels, agricoles et domestiques.

2. Cadre géographique et géologique :

La région d'étude se situe au centre de la Tunisie (Fig. 1). La plaine de Gafsa Nord est d'allure assez rectangulaire. Elle s'étend sur 50 km de long et 75 km de large. Elle occupe la zone située au Nord de la ville de Gafsa entre les latitudes 38°22'N et 38°61'N et les longitudes 6°81'E et 7°63'E. Du Nord au Nord Est, elle est limitée successivement par les Jebels Sidi Aïch, Souinia, Majoura et el Goussa, à l'Est par les anticlinaux Orbata et Bou Hedma, au Sud par le Jebel Orbata et la faille de Gafsa, au Sud Ouest par les jebels Ben Younès et Attig et au Nord Ouest par le plateau de Majen bel Abbés.

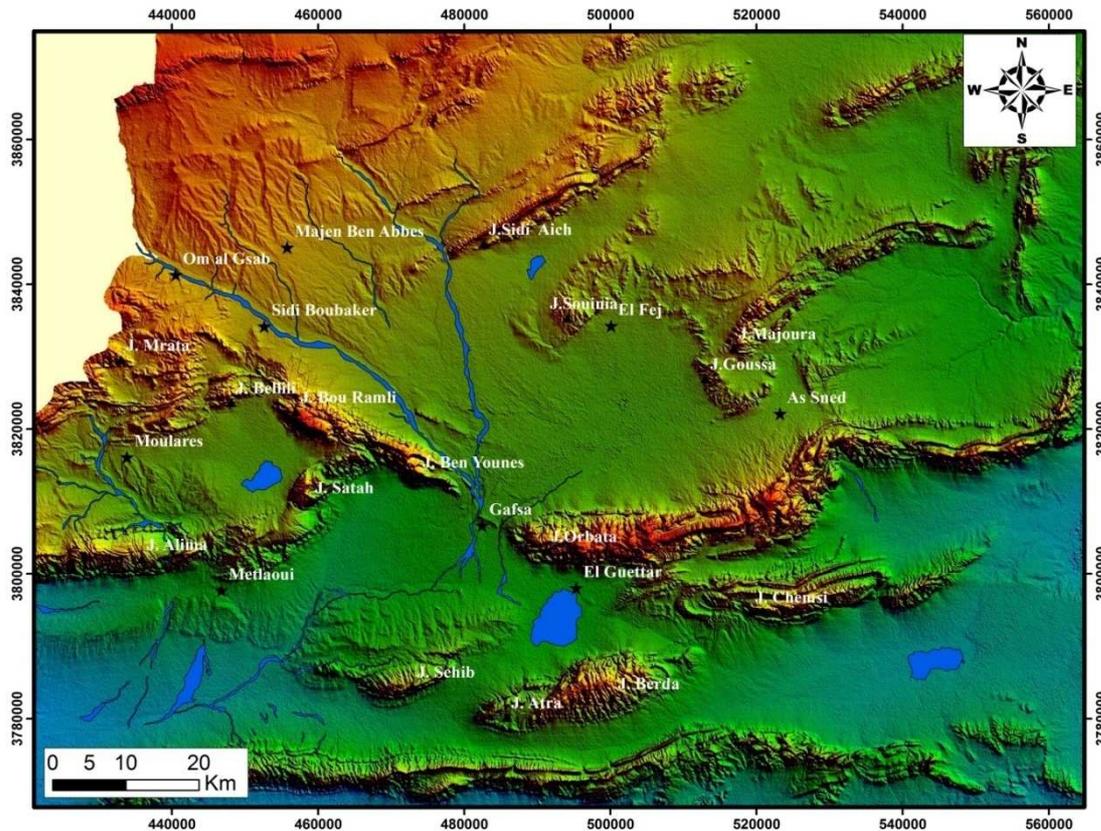


Fig 1 : Localisation de la zone d'étude : bassin de Gafsa nord

3. Réseau hydrographique :

La recharge naturelle des nappes se fait par infiltration directe des eaux de pluie et à partir des crues des oueds d'où l'importance de l'approche hydrogéologique régionale. Le réseau hydrographique de la zone d'étude est de type endoréique. Il est formé par des oueds à caractère torrentiel et qui ne coulent qu'au cours des crues (Fig. 2).

- Oued Al Kbir ;
- Oued El Maleh ;
- Oued Sidi Aich ;
- Oued Baiech ;
- Oued Om al Gsab ;
- Oued thelja ;
- ...

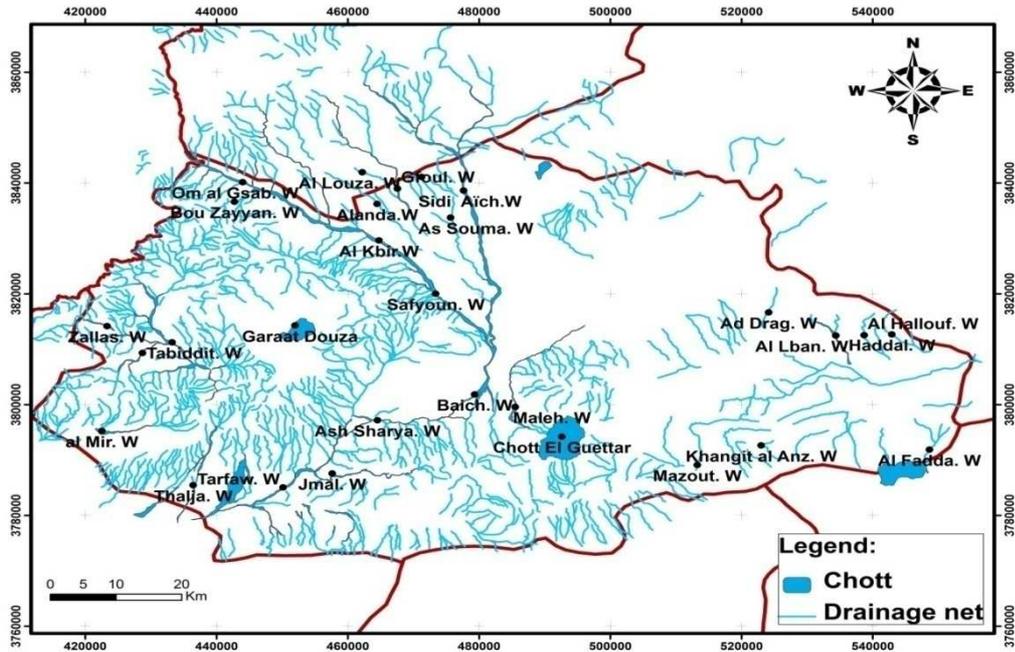


Fig 2: Carte du réseau hydrographique du bassin de Gafsa (extraite de la carte hydrologique de la Tunisie 1/200.000).

la carte piézométrique de la nappe du crétacé supérieur(fig. 3) montre un écoulement convergent vers le seuil. Au centre de bassin, le gradient hydraulique apparaît plus fort .

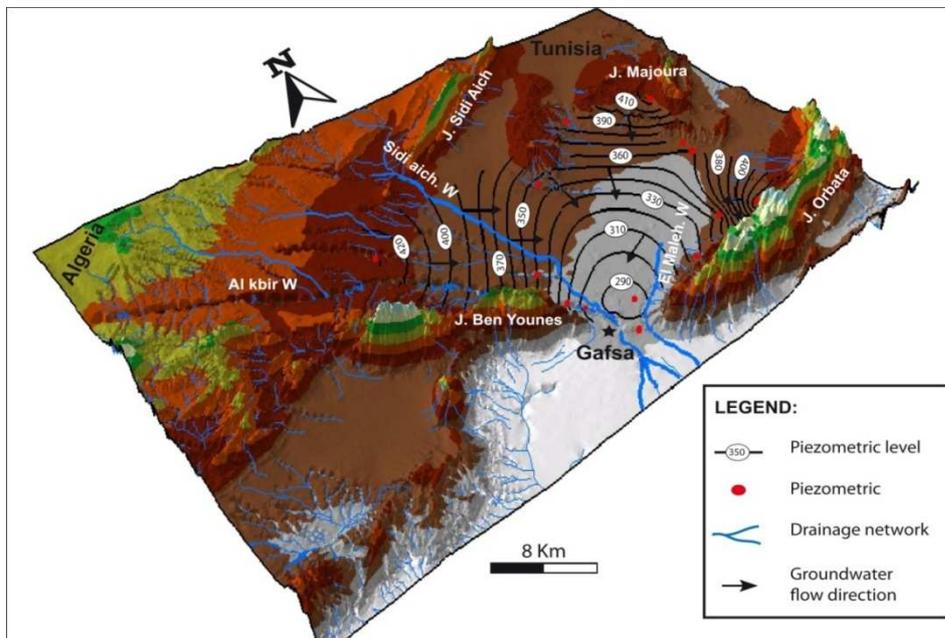


Fig 3: Carte piézométrique de la nappe de crétacé supérieur de bassin de Gafsa nord (2011).

4. Etude géophysique:

La cartographie des horizons sismiques crétacés montre une contribution des failles décrochantes dans la structuration et la formation des chaînes en Tunisie méridionale. Les mouvements combinés

de la faille majeure de Gafsa, à intrusion triasique, et celle de Alima-Sehib constituent un obstacle tectonique où se localisent les faisceaux des plis en échelon droit (Fig.5). La séparation de la gouttière occidentale (bassin de Gafsa) du bloc soulevé oriental (plaine de Gafsa) au niveau de la faille de Gafsa suggère ses effets majeurs durant les périodes mésozoïques (Bédir et al., 2000 et 2001; Zouaghi et al., 2002 et 2003;).

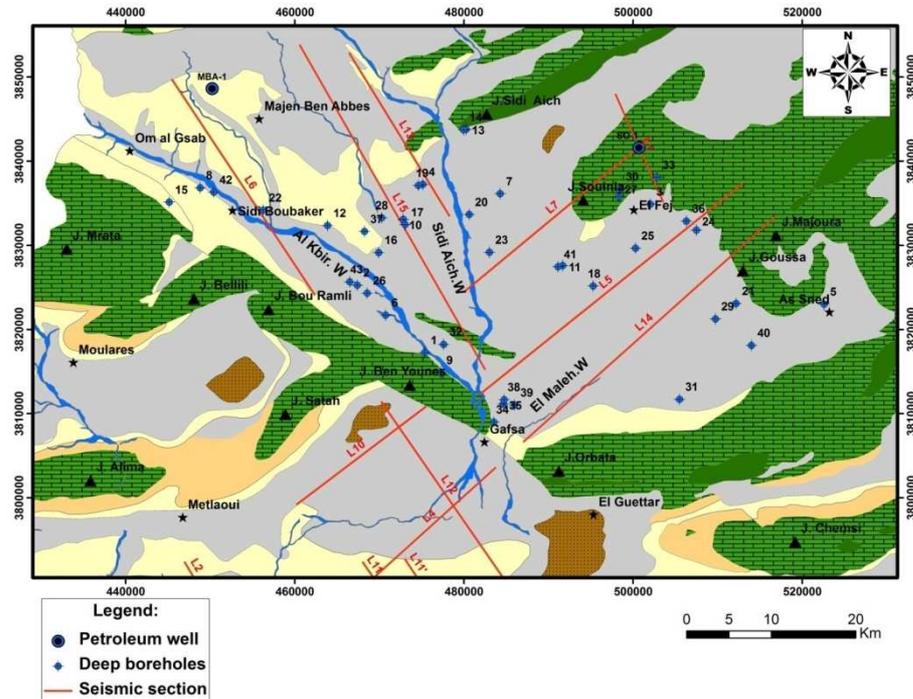


Fig 4: Carte géologique de Gafsa avec le positionnement des données utilisées sections sismiques et forages pétroliers).

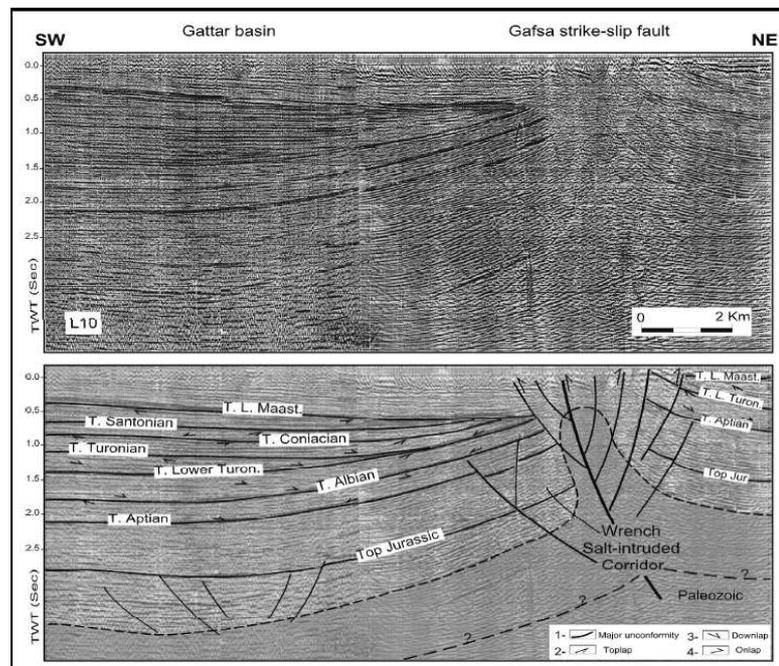


Fig 5. Section sismique originale et interprétée L10 du bassin de Gattar illustrant la distribution des discordances principales aux limites des séquences de second ordre de l'Albien-Maastrichtien et leur évolution vers la faille décrochante N120° de Gafsa, associée aux intrusions du Trias salifères (Zouaghi et al., 2005 a).

5. Effet anthropique:

La diminution du débit et l'augmentation de l'exploitation est le résultat de l'utilisation des eaux souterraines par l'industrie des phosphates (CPG) au niveau de la région de Sidi Ahmed Zarroug. Récemment, l'arrêt de fonctionnement de (CPG) entraîne une augmentation de débit au niveau de forage et apparition des quelque sources comme par exemple Aïn Echfaa qui a été non fonctionnel pendant un certain temps (Fig 5).

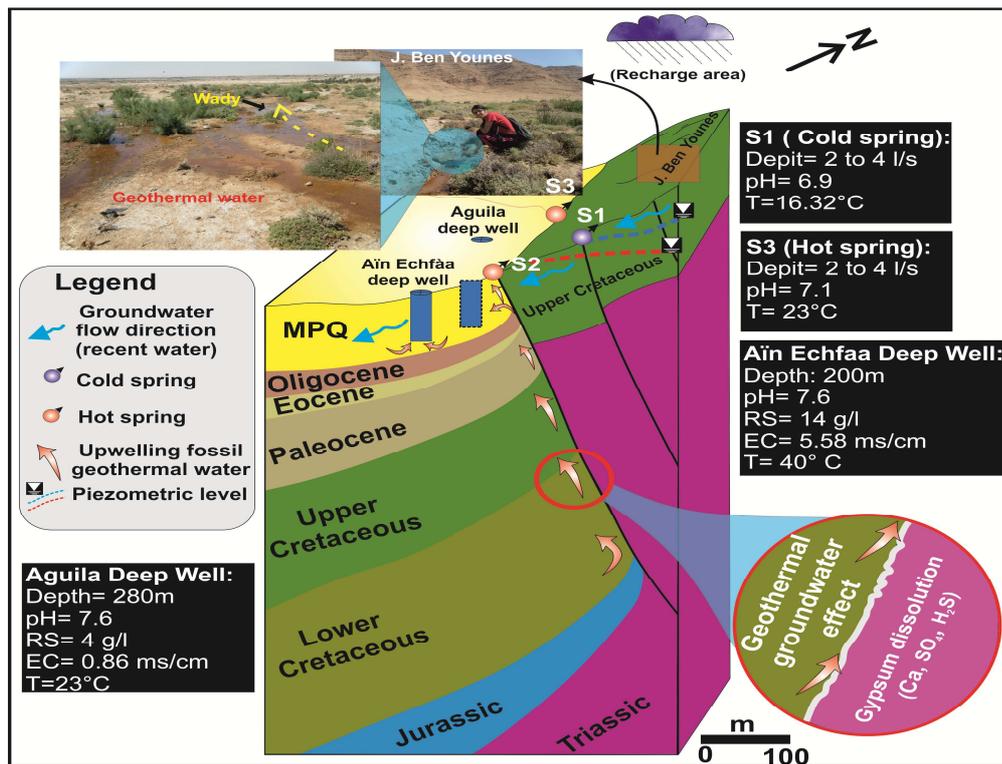


Fig 6: Modèle conceptuel d'Aïn Echfaa au niveau de Sidi Ahmed Zarroug

6. Conclusion:

le bassin hydrogéologie de Gafsa nord constitue un système aquifère multicouche.

la nappe de crétacé supérieur présente de bonnes caractéristique hydrodynamique surtout aux environ de la ville de Gafsa ou la demande en eau et importante.

7. Référence:

Bedir M., zitouni L., boukadi N., saadi J., alouani R., ben timzal F., tlig S., bobier C., (2000): Rifting, halocinèse et structuration des bassins péri-téthysiens jurassique et crétacé Inférieur de subsurface du domaine atlasique central de la tunisie (région de gafsa-sidi ali Ben aoun). Africa geoscience review, v. 7, n. 3, pp. 289-306.

Bedir M., boukadi N., tlig S., ben timzal F., zitouni L., alouani R., slimane F., Bobier C., zargouni f. (2001): Subsurface mesozoic basins in the central atlas of Tunisia, tectonics, sequence deposit distribution and hydrocarbon potential. A.a.p.g. Bulletin, v. 85, n. 5, pp. 885-907.

Zouaghi T., bedir M., inoubli M. H., (2002). Distribution des séquences sismiques du Crétacé supérieur en tunisie centro-méridionale. Relation avec l'évolution des déformations Tectoniques. 19ème colloquium of african geology, el jadida, marocco, pp. 185-186.

Zouaghi T., bedir M., abdallah H., inoubli M. H., (2003): Seismic sequence stratigraphy and structuring of upper cretaceous reservoir deposits in central tunisia. First international congress (north africa/mediterranean petroleum & geoscience), tunisie, 4 p.

Zouaghi T., bedir M., inoubli m. H.,(2005 a): 2d seismic interpretation of strike-slip Faulting, salt tectonics, and cretaceous unconformities, atlas mountains, central tunisia. Journal of african earth sciences, v. 43, pp. 464-486.

ETUDE DE LA POSSIBILITE D'UTILISER L'ENERGIE GEOTHERMIQUE DES SOURCES GEOTHERMALES SITUES AU GUELMA, DANS LE SYSTEME A ABSORPTION

Khelifa Salhi*, Mohamed Monji Hadjiat*, Abdenour Bourabaa*, Abderrahmane Hamidat*

*Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, BP 62 Route de l'Observatoire, Bouzaréah, 16340, Algiers, Algeria, salhi@gmail.com, k.salhi@cder.dz

Résumé — la production du froid à partir de l'énergie thermique se fait par l'utilisation d'une machine frigorifique à absorption .L'objectif principal de ce travail est d'étudier la possibilité d'utiliser l'énergie géothermique des sources géothermales situés au Guelma, dans les systèmes à absorption. Les couples (frigorigènes/absorbants) utilisés sont (R245fa-DMF), (R32-DMAC) et (R134a-DMETEG). Nous avons tracé les courbes température-pression-concentration et les courbes du coefficient d'activité au niveau de cycle (générateur, absorbeur) sur la base de mesures d'équilibre vapeur-liquide. Le modèle de calcul est développé à partir de la méthode de contribution des groupes. Cette étude, nous a permis de confirmer la faisabilité du cycle proposé (machines frigorifiques à absorption) pour l'utilisation des sources géothermales. Egalement, cette étude et une contribution pour encourager l'exploitation de l'énergie géothermie dans la climatisation des locaux.

Mots-clés — l'énergie géothermique, machine à absorption, Guelma
geothermal energy, absorption machine, Guelma

I. Introduction :

Avec les changements climatiques, la demande du confort thermique est accentuée en été. En secteur résidentiel, l'augmentation de cette demande a doublée plusieurs fois, d'autre part, le besoin énergétique mondial, en particulier dans le domaine de la climatisation, croît de façon énorme et irrégulière. Ces problèmes ont conduit à beaucoup de pression sur la production des centrales électriques. La réduction de ces problèmes réside dans l'utilisation des énergies renouvelables, L'énergie géothermique est l'une des plus importantes de ces énergies, leurs applications et nombreuses, même dans les domaines de la climatisation et la réfrigération.

La technologie de production du froid par absorption est environ 70% moins efficace que la solution par compression mécanique [1], mais elle reste néanmoins intéressante quand la source d'énergie est gratuite, comme dans le cas de la source géothermal et d'autre part ces systèmes est compatible écologiquement car n'utilisant pas de CFC.

Ce travail a pour objectif, de déterminer les propriétés thermo physiques des mélanges des fluides frigorigènes avec son absorbants dans les machines à absorption.

II. L'énergie géothermique :

L'énergie géothermale peut être valorisée au moyen de différents procédés qui se distinguent essentiellement par la profondeur et la température de la ressource [2],

On distingue trois types de géothermie :

La géothermie profonde à haute énergie (150 –250°C, 2 500 m), pour la production d'électricité (vapeur + turbine) ; dans ce cas la géothermie est la deuxième source de production d'électricité dans le monde.

- La géothermie moyenne à basse énergie (30 à 150°C dans les aquifères), pour le chauffage urbain collectif par réseau de chaleur et les machine à absorption.

- la géothermie à très basse énergie (<30°C, 10 à 100 m), par pompe à chaleur.

La température de la ressource est l'élément déterminant pour les applications envisageables à partir de la chaleur géothermale. Pour produire du froid, on utilise pour cela une ressource géothermale dont la température est entre 75oC et 100oC [3].

III. Les sources géothermiques en Algérie :

Le nord de l'Algérie est riche en réservoirs géothermiques, environ 200 ou plus sources thermales d'après les études disponibles à cet égard, situé principalement dans les régions du Nord-Est et Nord-West du pays. Les températures mesurées varient de 28°C à Ben Tahar à 94°C à Hammam Meskoutine (Tableau 1).

Réservoir	Meskhoutine	Bidan	Ben Hachani	Sidi Trad	Ouled Ali	Hamimine	N'Bails	Ben Tahar
Température (°C)	94	77.5	72	60	56.5	47	40	28.5

Tableau 1 : Températures estimées de quelques réservoirs géothermique en Algérie

IV. Machine frigorifique à absorption :

Tandis que la compression mécanique est réalisée par le moyen d'un moteur électrique avec un piston de type rotatif en général, la compression chimique, quant à elle, est réalisée en quatre étapes Figure 1. Dans l'absorbeur, la vapeur du fluide frigorigène est absorbé par une solution saline concentrée de sels de l'absorbant de ; la solution diluée est ensuite transférée vers le générateur à l'aide d'une pompe à solution. Une fois dans le générateur, la solution saline diluée est amenée à l'ébullition grâce à l'échangeur au fluide chaud en provenance de la source de chaleur (source

géothermal dans ce travail) ; elle libère ainsi la vapeur du frigorigène à haute pression qui est dirigée ensuite vers le condenseur. Un fluide de refroidissement passe régulièrement dans le condenseur à une température plus basse que la vapeur de frigorigène mais plus élevée que la température dans le circuit d'eau glacée. Après la récupération du frigorigène sous forme liquide, elle retourne enfin dans où elle sera vaporisée sous vide et à haute pression sur l'échangeur dans lequel passe le fluide caloporteur du circuit d'eau glacée. Ce processus extrait de la chaleur du fluide caloporteur en transformant le frigorigène de forme liquide en vapeur qui est dirigée à nouveau dans l'absorbeur. La solution saline concentrée qui est restée dans le générateur est acheminée vers l'absorbeur pour un nouveau cycle. [5]

Les performances réelles des machines frigorifiques à absorption dépendent largement de la nature du fluide frigorigène utilisé. Dans ce travail, nous avons fait les calculs de comportement P-T-x et le calcul du coefficient d'activité aux niveaux de cycle (générateur - absorbeur) ; et la variation de pression de saturation dans le cycle (condenseur, détenteur, évaporateur) des quelques nouveaux mélanges compatibles avec les ressources géothermales en Algérie. Ces mélanges sont les suivantes : (R245fa +DMF),(R32+ DMAC) et (R134a– DMETEG)

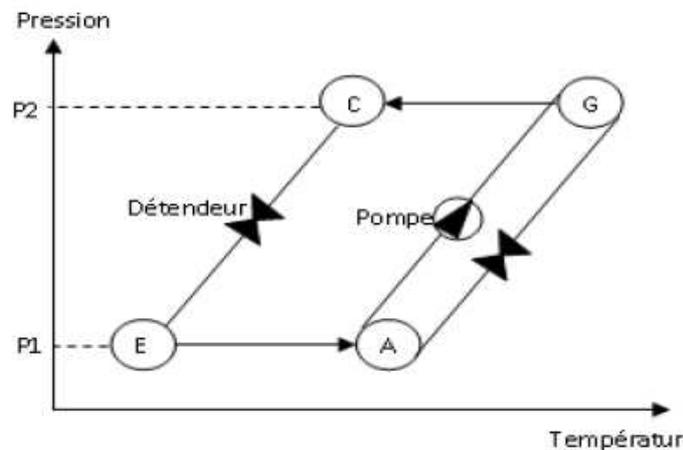


Fig.1 Diagramme de Dühring pour les cycles frigorifiques à absorption

D'après les figures 2, lorsque la température est constante, la pente de la courbe augmente à mesure que la pression augmente. En effet, dans le procédé de l'absorption, comme l'augmentation de la concentration de R245fa dans les produits absorbants, la capacité d'absorption des absorbants va diminuer. Le système (R32+DMAC) a une pression élevée du système, températures du générateur doit être élevée. Le système binaire R134a– DMETEG possède la plus faible proportion de cycle.

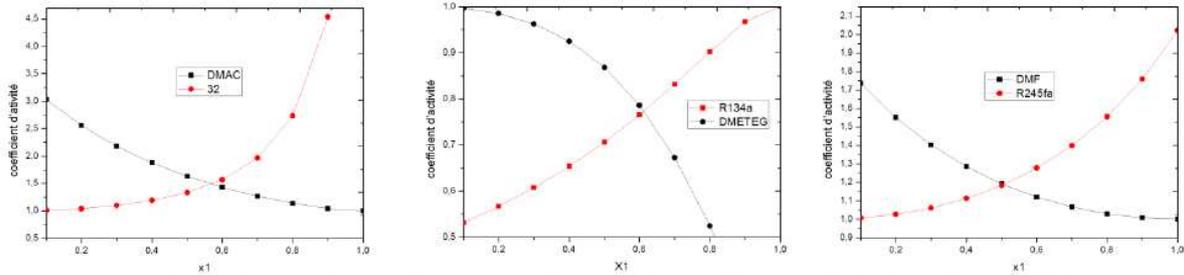


Fig. 3 Variation des coefficients d'activités des couples à la température de l'absorbeur pour les systèmes binaire (R245fa +DMF) (R32+ DMAC) et (R134a- DMETEG)

Fig. 3 Variation des coefficients d'activités des couples à la température de l'absorbeur pour les systèmes binaire (R245fa +DMF) (R32+ DMAC) et (R134a- DMETEG)

Les résultats des figures 3, nous ont permis de constater les variations suivantes :

- R245fa-DMF : x entre (0.05-0.5) correspond à coefficients d'activités entre (1- 1.2)
- R32- DMAC : x entre (0.1-0.35) correspond à coefficients d'activités entre (0.92- 1.49)
- R134a- DMETEG : x entre (0.15-0.35) correspond à coefficients d'activités entre (0,62554- 0,54409).

VIII. Conclusion :

L'objectif affiché qui consiste d'étudier une machines frigorifiques à absorption utilisant l'énergie géothermie a été abouti. Cette étude a concerné des sources géothermales situées au Nord d'Algérie. Les propriétés thermodynamiques ont été calculées à l'aide du modèle UNIFAC et les résultats sont satisfaisants. Le calcul de ces propriétés est très importants dans les machines frigorifique à absorption tels que : la tension de vapeur, les coefficients d'activité et le comportement (P.T.x) des mélanges.

Cette étude, nous a permis de confirmer la faisabilité du cycle proposé (machines frigorifiques à absorption) pour l'utilisation des sources géothermales. Egalement, cette étude st une contribution pour encourager l'exploitation de l'énergie géothermie dans la climatisation des locaux.

IX. References

- [1] M.Olivier, Etude expérimentale, modélisation et optimisation d'un procédé de rafraîchissement solaire à absorption couplé au bâtiment, thèse doctorat université de la Reunion 2010
- [2] Groupement d'étude géothermie profonde Jura : Géothermie profonde – Etude du potentiel cantonal, Dossier 11J028, Version 1, 2 mai 2012
- [3] L. Philippe L. APLAIGE ET L. Jean P. V, Énergie géothermique Assisted Microtechnology, BE 8 590 – 1 Techniques de l'Ingénieur.

- [4] F.Z Kedaid, Database on the geothermal resources of Algeria, *Geothermics* 36 (2007) 265–275.
- [5] N.Jabbour , Intégration des systèmes à absorption solaire de petites puissances aux bâtiments - approche multifonction solaire : chauffage, ECS et rafraîchissement. thèse doctorat L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon2011.
- [6] M.Duminil et J.P Domblidesuminil, Théorie des machines frigorifiques –Généralités, Techniques de l'Ingénieur
- [7] H.Dardour, Etude des machines frigorifique à absorption et a absorption diffusion utilisant un mélanges d'alcanes : étude systémique et modélisation figoureuse de l'absorbeur, L'uni de Pau et des pays de l'adour 2012
- [8] Holmberg.P et al ,Alternative working fluids in heat transformers.ASHRAE Trans, 1990
- [9] N. Chekir, Simulation d'une machine frigorifique a` absorption fonctionnant avec des mélanges d'alcanes, *International Journal of Réfrigération* 29 (2006) 469–475
- [10] F.Dergal, Contribution à l'étude thermodynamique du système binaire fortement polaire à l'aide des méthodes de contribution de groupes, mémoire de magister, TLEMEN 2006
- [11] Pitzer K.S, Lippman D.Z., Curl R.F, Huggins C.M, Petersen D.E., “the volumetric and thermodynamic properties of fluids .II: Compressibility factor, vapor pressur and entropy of vaporisation’’, *J.Am.Chem.Soc.* 77, 3 433.(1955

APPROCHES ACTUELLES DE RECHERCHE ET DE PROSPECTION DES SOURCES THERMALES, CAS DE LA SOURCE THERMALE DE GUERDJIMA, BATNA EST ALGERIEN

ATHAMENA ALI¹, ATHAMENA MALIKA², BOUDOUKHA ABDE RAHMANE², DJAIZ FOUAD¹
(1) LABORATOIRE MGRE, UNIV. BATNA, (2) UNIV. BATNA

Résumé

L'étude de la source thermale de Guerdjima, a montré que cette dernière émerge dans un contexte naturel particulier souligné par des corniches géologiques assez dégagées, constituées par des bancs derochesdolomitiques métriques de couleur marron intercalant des niveaux marneux soulignant des combes. Il est caractérisé par la présence d'indices tectoniques tels que la présence du Trias, formé de gypse, de dolomie secondaire et de brèches. Ces derniers matérialisent les accidents probablement responsables de la présence des sources thermales. Ainsi, le Trias de Koudiate El Hammam soulignant l'accident majeur de direction NW-SE qui continue jusqu'à Djebel Khala à Ain Touta est probablement responsable de l'émergence de la source thermale de Guerdjima dont la température est de l'ordre de 41.6 °C et un débit d'exploitation de 02 l/s. L'étude géophysique par prospection électrique a montré la présence en profondeur d'un niveau relativement résistant salifère entre deux niveaux conducteurs qui s'est probablement installée à la faveur de la faille. La présence de ce niveau salifère a fortement influencé le chimisme de l'eau de cette source thermale ce qui lui a donné un faciès et un caractère chimique particuliers. Ces caractéristiques physico-chimiques donnent à cette eau de vertus thérapeutiques fortes intéressantes grâce à son chimisme équilibré, à sa richesse en sels minéraux et à sa faible teneur en nitrates.

Texte

La source de Guerdjima Jaillit au piedmont de Djebel Bou-Ari à la faveur d'un jeu d'accidents de direction Nord-est Sud-ouest. Elle est située sur la rive droite de l'Oued El-Melah et sur le sommet de la colline de Gosbat à environ 08 Km du chef lieu de commune Gosbat et à 10 Km au Nord-est de N'gaous. Elle est situé aux coordonnées géographiques suivantes : Latitude 35° 31' 991" N ; Longitude 005° 28' 704"E et Altitude environ 655 m.

Géologiquement la région est une zone accidentée à relief chaotique, constituée essentiellement de marnes, d'argiles, de calcaires et de dolomies, datée du Jurassico-crétacé jusqu'au Tertiaire soulignant ainsi la complexité de l'histoire géologique affectant cette zone ; située à la limite de trois zonespaléogéographique (monts de Batna-Belezma – monts d'El Hodna – monts Constantinois) appartenant à des domaines tectoniques différents. Le secteur concerné est souligné par des corniches géologiques assez dégagées, constituées par des bancs derochesdolomitiques

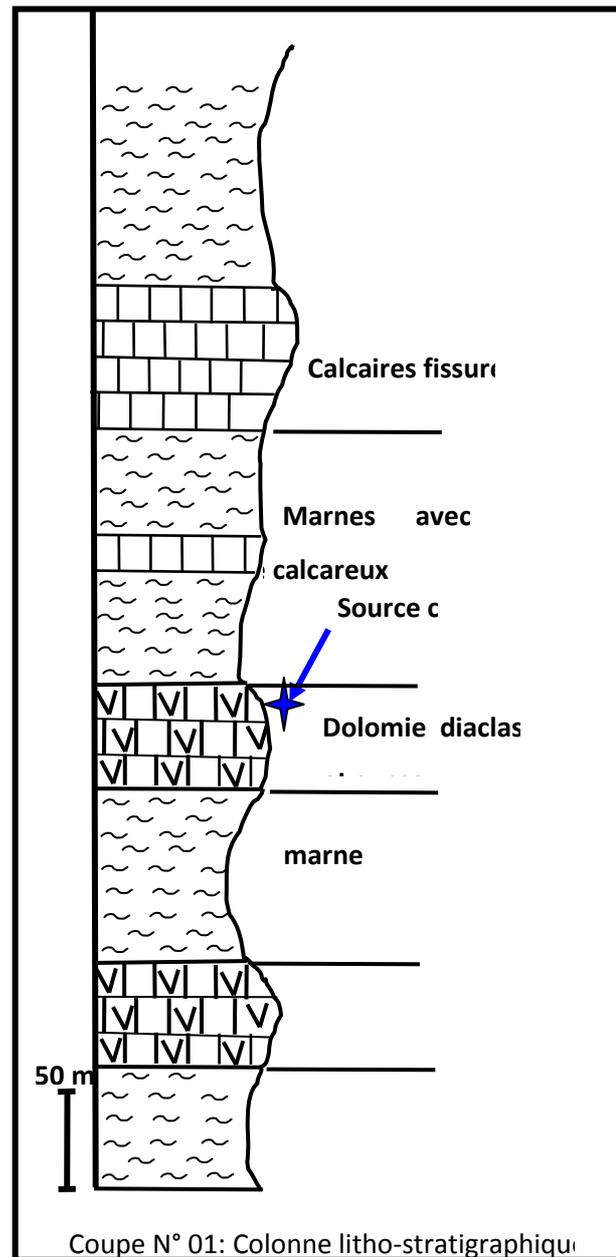
métriques de couleur marron intercalant des niveaux marneux soulignant des combes. Il est caractérisé par la présence d'indices tectoniques tels que la présence du Trias, formé de gypse, de dolomie secondaire et de brèches. Ces derniers matérialisent les accidents probablement responsables de la présence des sources thermales. Ainsi, le Trias de Koudiate El Hammam soulignant l'accident majeur de direction NW-SE qui continue jusqu'à Djebel Khala à Ain Touta est probablement responsable de l'émergence de la source thermique de Guerdjima

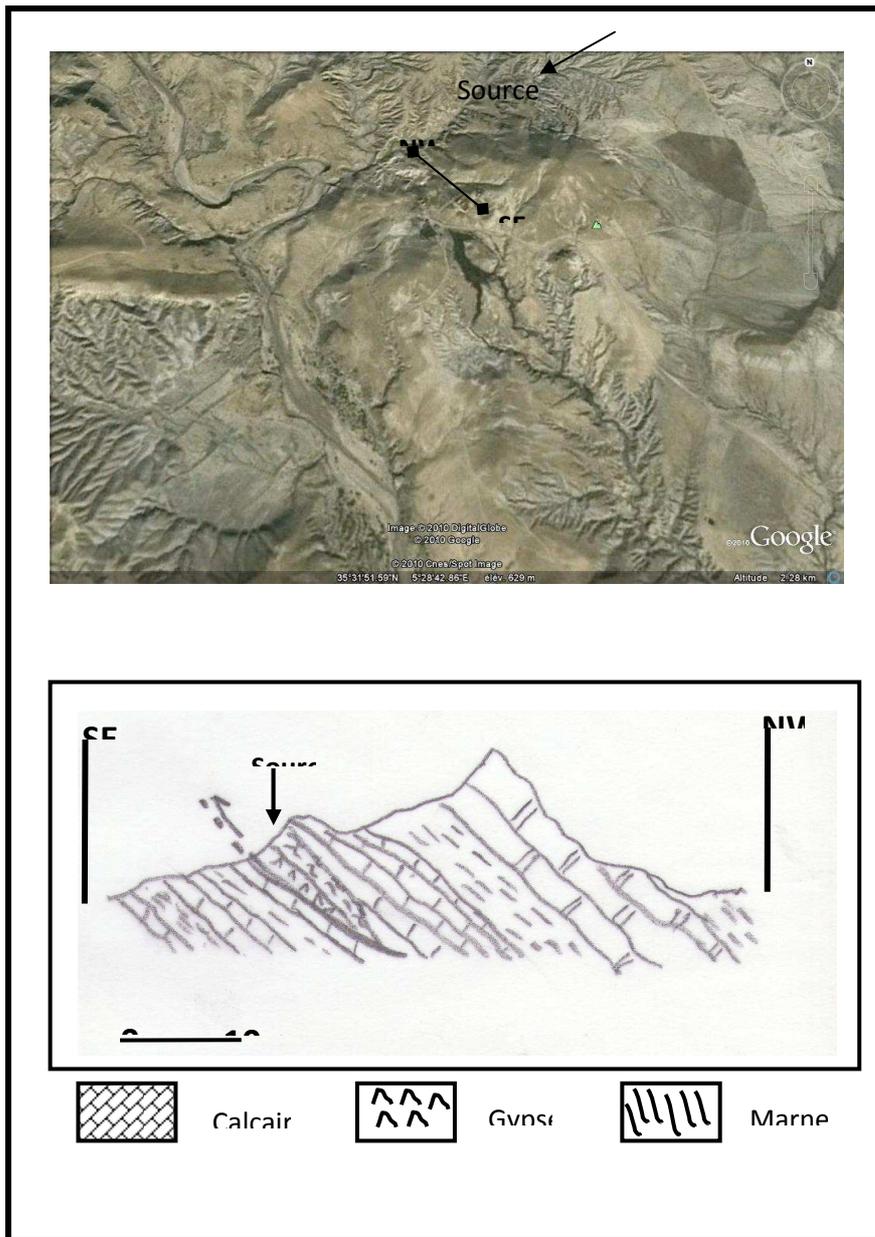


Photo N° 01 : Ouvrage de captage



Photo N° 02: Vue d'ensemble sur l'infrastructure





Coupe N° 02: Coupe géologique de la source Guerdjima

La prospection géophysique est réalisée par une ligne d'injection du courant de 2000 m ce qui permet d'avoir une profondeur d'investigation moyenne d'environ 400 m. L'exécution des différents sondages a permis d'aboutir a des données reflétant le caractère salifère de la région.

L'examen de la courbe montre une terminaison descendante. Ceci permet de dire que l'influence triasique salifère a fortement influencé cette source, Le nombre de couches traversées par les SEV est de trois. La première et le substratum sont conducteurs intercalés par une couche relativement résistante. Il s'agit d'un assemblage de formations triasique dont la résistivité n'excède

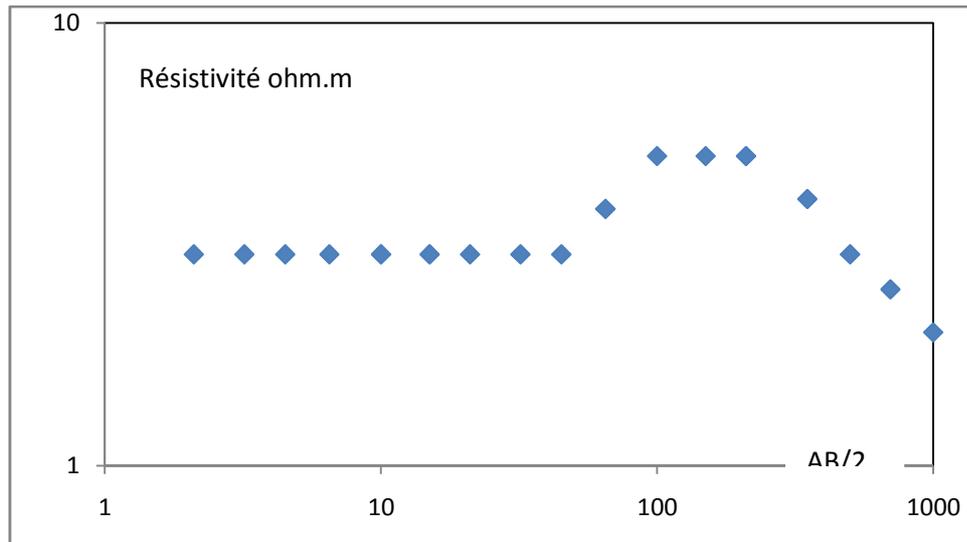


Figure. N°01: Courbe du SEV exécuté au niveau de la source Guerdjima

pas les 5 ohm.m. Cette source affleure au niveau d'une masse triasique salifère très conductrice ce qui rend l'interprétation hydrogéologique de ce SEV très délicate.

Tableau N°01: Caractéristiques des terrains traversés de la source Guerdjima

Caractéristiques	1 ^{ère} Couche	2 ^{ème} Couche	3 ^{ème} Couche
Géo-électriques	3	5	3
Profondeur (m)	32	175	160
Nature lithologique	Formation triasique		

L'étude hydro-chimique a révélé des traits frappants qui corrobore bien avec le contexte géologique de la région outre la température qui sont :

- ✓ La conductivité électrique de la source de Guerdjima très élevée à cause de sa forte température qui favorise la dissolution des sels minéraux des formations triasiques en quantité suffisante le long du parcours de l'eau chaude à travers la croûte terrestre.
- ✓ La source de Guerdjima a un potentiel négatif autrement dit réductrice, cela est visible par le dégagement d'une mauvaise odeur (hydrogène sulfuré) ;
- ✓ La valeur d'oxygène est très basse, ce qui nous laisse penser à une origine plus Profonde ;
- ✓ La source est très riche en sels minéraux puisque le résidu sec est supérieur à 1500 mg/l

Tableau N°02: Caractéristiques physiques de l'eau mesurée in situ

Point d'eau	pH	Cond. Electr. (µS/cm)	Temp. (°C)	Potentiel de redox (mv)	Résidu sec à 105°C	O ₂ (mg/l)
Source Guerdjima	7.25	8.10 mS/cm	41.6	-198.7	4904	0.10

Différentes définitions ont été données pour une eau thermale, nous retiendrons la définition de

H. Schoeler qui considère comme thermale les eaux dont la température à l'émergence est supérieure à la température moyenne annuelle de l'air plus 4°C au lieu de l'émergence. Dans notre cas la température moyenne pour les stations de Batna et Ras-El-Ouyoun respectivement sont de l'ordre de 14.3°C et 10.7°C pour la période 1950-2007 et d'après P. Verdeil (1986) et A. Issaâdi (1992), notre eau de source est classée comme *Eaux mésothermales* (ce sont des eaux dont la température à l'émergence est entre 30 °C et 50 °C).

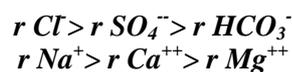
Tableau N°03: Analyse chimique en éléments majeurs (mg/l)

Paramètre	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	TAC
Guerdjima	277.78	74.81	140	19	2100	580	396.5	03	32.5

Les constatations qui peuvent être tirées après l'examen de l'analyse ci-dessus sont :

- ✓ La teneur élevée en calcium mesurée provient de la mise en solution des formations gypseuses (gypse et anhydrite) ;
- ✓ La teneur en magnésium mesurée fait penser à un apport provenant de la dissolution des formations évaporitiques (dolomie secondaire d'un milieu confiné) ;
- ✓ La teneur en sodium élevée témoigne d'un apport salifère à partir des formations évaporitiques ;
- ✓ La teneur en chlorures est très élevée indique l'existence d'apports salifères à partir des formations évaporitiques ;
- ✓ La valeur des chlorures mesurée est importante par rapport à celle du sodium, à cause des caractéristiques spéciales de cet élément qui ne rentre pas dans les phénomènes de précipitation chimique, ne s'adsorbe pas par les formations géologiques et qui est très mobile.
- ✓ La teneur en nitrates est dans les normes (<12 mg/l) ce qui n'indique aucune pollution anthropique.

L'interprétation des résultats des analyses a pour but de déterminer le Faciès chimique et d'effectuer une comparaison spatio-temporelle. Parmi les méthodes graphiques les plus utilisées, celle de Schöeller et Berkloff (1935-1938) et celle de Piper (1944). Ces diagrammes nous permettent de constater que le faciès prédominant est du type Chloruré Sodique et la formule caractéristique des eaux est la suivante :



Quant à l'origine des éléments chimiques nous avons tirés des similitudes frappantes qui corroborent bien avec le contexte géologique de la région qui sont :

Le Couple (Na⁺, Cl⁻)

Dans les eaux naturelles, le sodium et les chlorures sont souvent liés à la dissolution de l'halite (NaCl). L'évolution du sodium est étudiée en fonction de la teneur des chlorures. Le rapport Na⁺ et Cl⁻ montre que la source de Guerdjima se trouve au dessous de la droite de la pente égale à 1, traduisant un excès en

chlorures indiquant certainement une autre origine. La projection sur le diagramme $\text{Ca}^{2+}(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}) - \text{Na}^+/\text{Cl}^-$ montre que les eaux subissent un échange de base.

Les éléments (Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-})

On examine l'origine du calcium en fonction des bicarbonates et des sulfates; qui indiquent ses deux origines principales et qui sont les formations carbonatées et évaporitiques. La représentation graphique du calcium en fonction des bicarbonates montre une origine évaporitique, tandis que la représentation graphique des teneurs en Ca^{2+} en fonction de $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ montre une origine carbonatée du calcium. Ceci n'est pas en contradiction avec le diagramme précédent, car nous pensons que l'ascension de ces eaux très chaudes en surface a induit la dissolution des formations évaporitiques, ce qui a donné un excès en calcium.

Le rapport Conductivité électrique – $\text{HCO}_3^- / (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$

Les eaux convergent vers le pôle évaporitique, cela se traduit par la dominance des ions Cl^- et SO_4^{2-} sur les ions HCO_3^- .

L'étude des rapports caractéristiques et origine des éléments dominants est le rapport de certains éléments chimiques exprimés en milli équivalent par litre (méq/l), ce paramètre donne une indication sur la zone d'alimentation, et la circulation des eaux souterraines.

Rapport r $\text{Mg}^{2+}/\text{r Ca}^{2+}$

Le rapport r $\text{Mg}^{2+}/\text{r Ca}^{2+}$ est inférieur à 1 ce qui traduit la dissolution rapide des calcaires par rapport aux dolomies.

Rapport r $\text{SO}_4^{2-}/\text{r Cl}^-$

Le rapport r $\text{SO}_4^{2-}/\text{r Cl}^-$ montre un rapport est inférieur à 1, ce qui traduit que les eaux sont plus chlorurées que sulfatées, ce qui induit la présence des formations salifères.

Rapport r $\text{HCO}_3^-/\text{r SO}_4^{2-}$

la valeur de ce rapport est inférieur à 1 ce qui traduit des teneurs élevés en sulfates par rapport aux bicarbonates et cela est lié essentiellement au lessivage des formations gypseuses et salifères.

Rapport r $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)/\text{r} (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$

Le rapport des alcalins sur alcalino-terreux montre que la valeur est supérieur à 1 ce qui explique la dominance des alcalins et essentiellement le pôle sodique.

L'application de neuf géothermomètres chimiques : six géothermomètres silice, trois cationique Na/Ka, Na-K-Ca et Na-K-Ca-Mg pour l'approximation des températures qui règnent en profondeur.

Tableau N° 04: Températures estimées par les géothermomètres en °C.

Désignation	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T.mes
Source Guerdjima	44	51	11	<0	<0	<0	90	92	>350	41.6

Les géothermomètres silice T1 et T2 ont donné un résultat significatif car les températures calculées par ces derniers sont supérieures à celle mesurée in situ, le géothermomètre silice T3 a donné une valeur inférieure à celle mesurée in situ et les géothermomètres silice T4, T5 et T6 ont donné des valeurs négatives. Les géothermomètres cationiques Na/K T7 et Na-K-Ca T8 ont donné des températures raisonnables pouvant être représentatives du réservoir. Quand au résultat du géothermomètre cationique Na-K-Ca-Mg T9 il a donné une valeur trop excessive dépassant 350 °C.

On peut apprécier que les eaux de cette source sont en équilibre modéré avec le quartz, mais elles ne le sont pas avec la calcédoine la cristobalite ni avec la silice amorphe. On constate aussi que les températures estimées avec les géothermomètres quartz T1 et T2 ne dépassent pas les 100°C; ce qui nous mène à suggérer deux suppositions:

- soit ces températures sont représentatives de celles du réservoir profond;
- soit ces températures sont sous estimées.

La deuxième supposition nous paraît la plus raisonnable, en raison des perturbations particulièrement chimiques qui peuvent avoir lieu dans le circuit hydrothermal. En résumé on lui attribue la température estimée par le géothermomètre cationique Na-K-Ca T8 et qui est de l'ordre de 92 °C. Cette attribution peut être argumentée par la qualité des eaux de cette source classées comme eaux très riches en sels minéraux avec un résidu sec de l'ordre de 4904 mg/l, une conductivité de 4904 µs/cm et ayant une température de 42°C à l'émergence et donc eaux d'origine profonde d'une part et par le dépassement des 100 °C lors de l'estimation de la température avec le géothermomètre cationique Na/K qui nous mène à l'estimation de la température du réservoir d'origine avec le géothermomètre cationique Na-K-Ca.

POTENTIALITES GEOTHERMIQUES DU BASSIN VERSANT DE SEBOU, MAROC

Benaabidate L.¹ et Sadki O².

1- Laboratoire de Géoressources et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques USMBA,

B.P. : 2202, Fès 30000 Maroc Email : benaabidate@yahoo.fr

2- Office National des Hydrocarbures et des Mines, Rabat, 5, avenue Moulay Hassan, Rabat, Maroc

Email : sadki@onhym.com

Le Maroc est un pays dont la consommation en énergie dépend pour la majeure partie des produits importés en matière de pétrole. Pour faire face à cette situation qui pèse lourd sur l'économie du pays, il a mis en place une politique de développement et de maîtrise de ses potentialités en énergie renouvelables, et ce dans le but d'optimiser ses ressources locales et réduire le déficit de sa balance énergétique. A l'instar des pays méditerranéens, la Maroc est riche en sources thermales dû au fait que la plupart de ces pays sont localisés dans une zone géodynamiquement active. Cette activité est une conséquence du raccourcissement crustal, créé par l'interaction entre la plaque africaine et la plaque eurasiatique. En fait, les nombreux indices géothermiques (sources thermales, forages d'eaux chaudes) connus dans le pays lui confèrent les caractéristiques d'une cible prometteuse en énergie géothermique.

Cette étude est focalisée sur l'aspect géothermique et sur l'hydrodynamisme profond des entités géologiques du bassin versant de Sebou, situé dans le Maroc nord-occidental et ayant une superficie d'environ 40000 km². Il s'agit d'une approche intégrant les données profondes disponibles dans les forages pétroliers et des émergences d'eau thermale et des données de prospection géothermique mesurées dans des forages hydrogéologiques.

La compilation de toutes ces données ont permis de faire une approche du gradient géothermique et surtout la délimitation des anomalies géothermiques, la détermination du comportement de la température dans les premiers mètres du sol et la détermination des facteurs d'influence agissant sur cette température. De leurs côtés, le traitement des analyses chimiques des sources thermales a permis, par le biais des géothermomètres chimiques, d'estimer la température du réservoir d'origine des manifestations géothermales de surface. En outre, les données géologiques et hydrogéologiques couplées aux résultats géochimiques sur lesquels nous avons appliqués différentes méthodes (Piper, Schoeller-Berkalof, Giggenbach, IIRG de D'Amore et al (1983) montrent l'importance du réservoir liasique qui se présente comme le plus important aquifère géothermique.

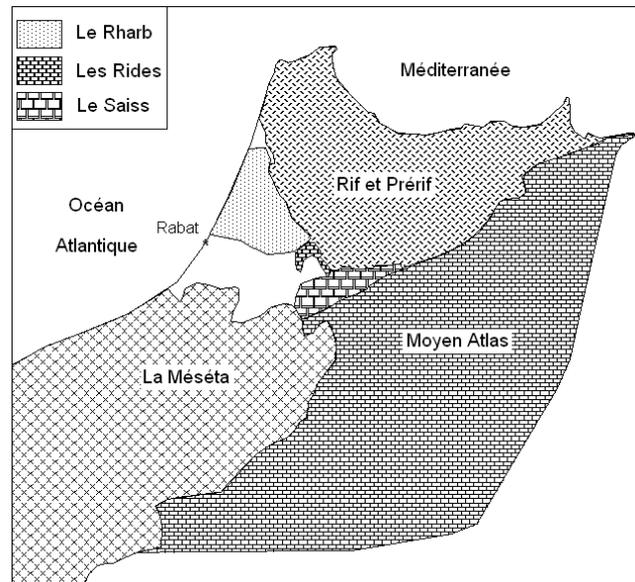
La signature isotopique des eaux des sources thermales, effectuée par les teneurs en Oxygène-18 et en Deutérium plaide en faveur d'une origine météorique de ces eaux thermales.

Mots clés : Forage, Source, thermalisme, géothermomètre, gradient, aquifère liasique, isotopes ^{18}O & ^2H .

Introduction

L'approche géothermique s'appuie sur la température comme paramètre de base pour la détermination des potentialités géothermique dans une région donnée. Cette température peut être déterminée à partir des méthodes directes ; à partir des données de forages pétroliers et hydrogéologiques ou bien indirectes ; à partir de la chimie des eaux souterraines affleurant sous forme de sources thermales. La mesure des températures dans les forages pétroliers se fait par des mesures directes dans la boue du forage à la profondeur maximale ou bien à différents niveau de ce dernier. La prospection thermique de faible profondeur, notamment dans les forages hydrogéologiques, a été largement appliquée notamment par (Mongelli et Zito, 1988, Lesquer et al, 1989 ; Ben Dhia et al, 1992, Benaabidate, 1994, Lahrach, 1994, Zarhloule, 1994...). Les analyses chimiques des eaux thermales peuvent être aussi être un élément de détermination de la température des eaux dans le réservoir profond et ce par l'application de la géothermométrie chimique (Michard, 1979; Truesdell et al, 1984...).

Cette étude est menée dans le bassin hydraulique de Sebou qui est situé dans la partie nord occidentale du Maroc. Ce bassin versant de superficie de 40000m^2 est composé de trois grandes unités structurales ; la plaine du Rharb, les Rides sud rifaines et le bassin de Saiss. Ces structures sont intercalées entre les affleurements du Moyen Atlas au Sud et ceux du domaine rifain vers le Nord (Fig.1).



Matériels et méthodes

Le Maroc est un pays dont la consommation en énergie dépend pour la majeure partie des produits importés en matière de pétrole. Pour faire face à cette situation qui pèse lourd sur l'économie du pays, il a mis en place une politique de développement et de maîtrise de ses potentialités en énergie renouvelables, et ce dans le but d'optimiser ses ressources locales et réduire le déficit de sa balance énergétique. Certes, les nombreux indices géothermiques (sources thermales, forages d'eaux

chaudes) connus dans le pays et en l'occurrence dans le bassin versant de Sebou lui confèrent les caractéristiques d'une cible prometteuse en énergie géothermique.

Les données de forages pétroliers utilisées dans cette étude proviennent de l'ONAREP (Office National de la Recherche Pétrolière), actuellement nommé ONHYM (Office National des hydrocarbures). La technique de prospection géothermique de faible profondeur a été basée sur la mesure de température dans des forages hydrogéologiques, à des pas de 5 mètres, à l'aide sonde sensible à la variation de la température. La sonde est reliée à la surface par une thermistance qui affiche les valeurs de la résistance. Les résistances obtenues sont en suite converties en valeurs de températures par le biais d'un tableau de conversion propre à la sonde utilisée. Les échantillons des sources thermales prises dans le bassin versant de Sebou étudiées ont été analysés au laboratoire du ministère de l'Énergie et des mines.

Résultats et Discussions

1. Les températures profondes

L'étude des températures profondes est basée essentiellement sur les données de forages profonds. Ces sont à l'origine sont des BHT. Ces températures sont dites BHT " Bore Hole Temperature", et sont prises dans la boue de forage qui n'est pas encore en équilibre thermique avec les formations avoisinantes. De ce fait ces températures sous estiment la température réelle. Les températures des forages pétroliers peuvent être également des températures de test DST (Drill Stream Test) lesquelles sont obtenues à partir des tests effectués durant l'opération de forage. Ces températures restent proches de la température réelle (Rimi, 1990), et peuvent donc être utilisées pour la correction des températures BHT (Rimi et Lucazeau, 1991) pour obtenir des BHT Corrigées.

Les gradients de température obtenus pour le bassin du Rharb, les Rides sud rifaines et le Saïss sont respectivement de l'ordre de 21°C/km, 23°C/km et 25,8°C/km (Fig.2)

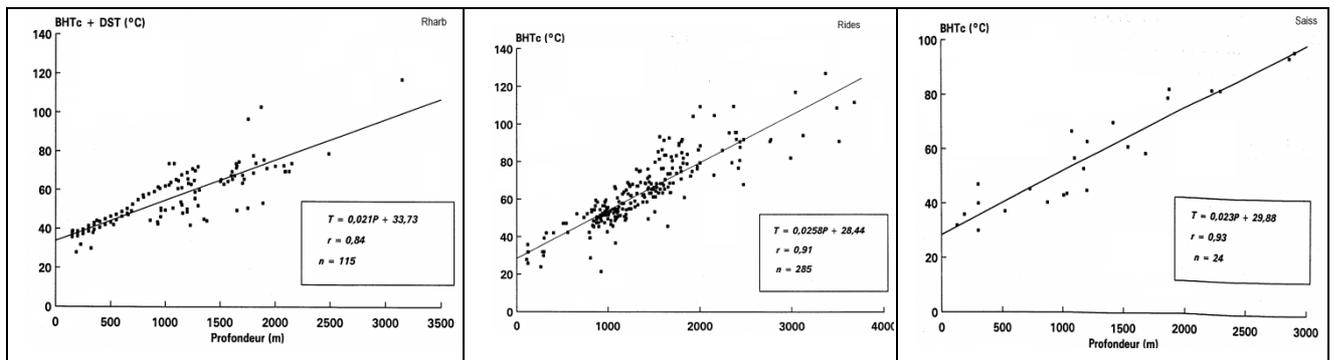


Fig.2 : Valeurs des gradients de températures profondes

Certains forages pétroliers disposent de deux valeurs ou plus de températures mesurées à différentes profondeurs. Ces valeurs permettent la détermination des gradients géothermiques ponctuels qui seront utilisés dans le traçage de la carte géothermique des trois régions étudiées (Fig.3)

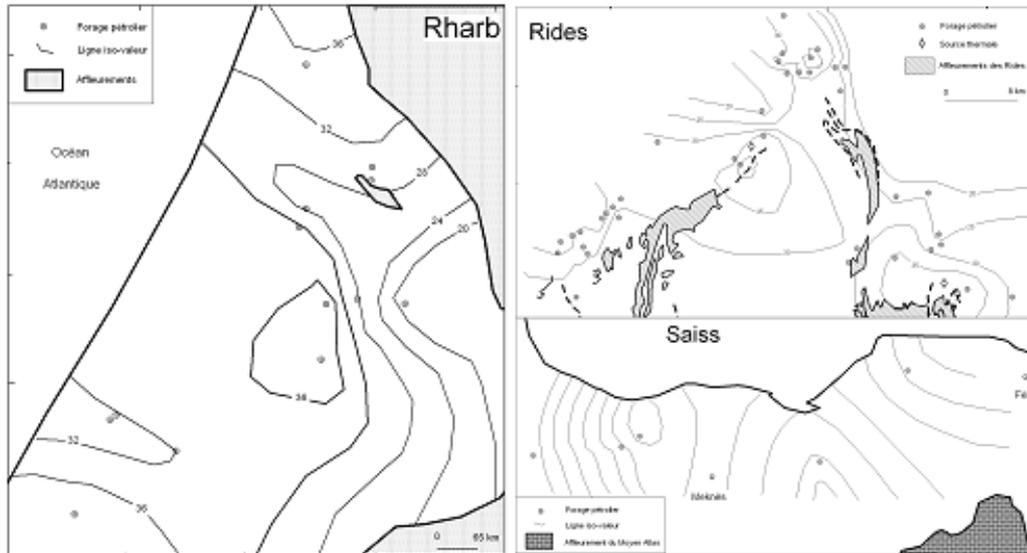


Fig.3 : Carte des gradients géothermiques des bassins étudiés

La carte du gradient géothermique du bassin du Rharb montre une variation de $17,7^{\circ}/\text{km}$ (forage KSR2) à $38,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (forage MAM1). Cette carte met en évidence une augmentation des iso-valeurs de gradient vers le centre du bassin (forage CGD1 ; $38,1^{\circ}\text{C}/\text{km}$), la partie septentrionale du bassin et vers le Sud ouest du bassin ; forage MAM1. Cette distribution spatiale des valeurs du gradient dépend de la lithologie du bassin. En effet ; les marnes miocènes du Rharb renferment des lentilles sableuses d'épaisseur variable d'un forage à un autre. (344 m à ALG1 et 85 m à KSR2). L'augmentation du gradient vers le centre pourrait être due à un écoulement hydrodynamique, à travers les niveaux sableux, vers la zone subsidente du bassin.

Les Rides sud rifaines présentent aussi une remarquable répartition des valeurs de gradients qui serait due en premier lieu à l'effet de l'hydrodynamisme souterrain témoigné par l'existence de plusieurs sources chaudes qui affleurent dans la zone à gradient élevé (Source de Boudraa, Tiouka et Outita).

Enfin, pour le Saiss, on note une variation hypothétiquement plus ou moins homogène étant donné que les forages pétroliers ne sont pas assez fréquents dans le Saiss. Néanmoins, on peut remarquer que cette répartition suit l'enfouissement du réservoir liasique profond, et que la nette augmentation du gradient dans le nord est du bassin serait due au fait que cette zone constitue la zone des

décharge de la nappe profonde, matérialisée par l'émanation de sources thermales telle que la source de Moulay Yacoub.

A partir des valeurs des températures profondes obtenues à partir des forages pétroliers et celles de faibles profondeurs mesurées dans les forages hydrogéologiques, on a pu dresser un graphique synthétique regroupant toutes ces températures. La relation entre ces températures et les profondeurs respectives a donné une valeur de gradient géothermique du bassin de Sebou de l'ordre de 26,8°C/km. A partir de ce diagramme, trois zones peut être distinguées.

- Zone 1 : représentant la tranche superficielle du sol, entre 0 et 5 m, à l'influence des conditions climatique.
- Zone 2 : C'est la zone médiane, entre 5 m et 450 m, qui reflète les activités hydrodynamiques de faible forage "zones d'aquifères peu profonds."
- Zone 3 : c'est la zone inférieure à profondeur supérieure à 450m et qui représente la zone de l'activité hydrodynamique profonde.

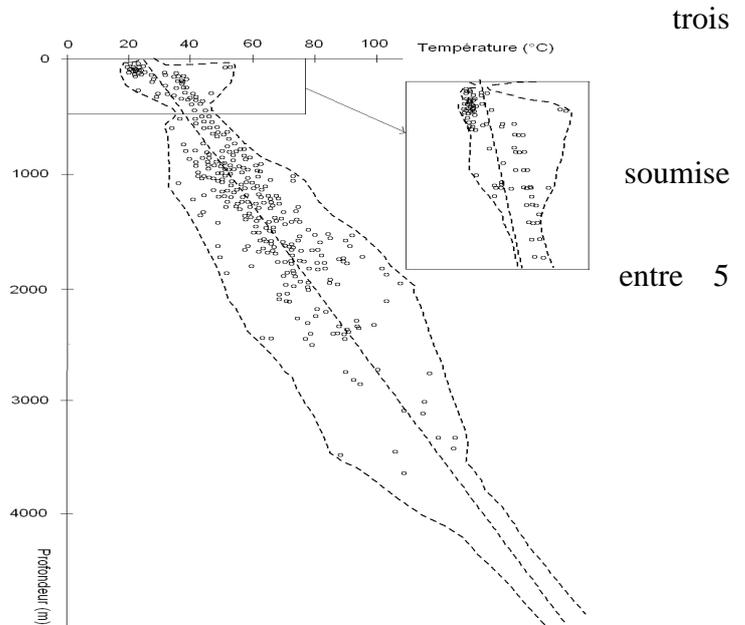


Fig.4 : Relation températures globales - profondeurs

Références

- Benaabidate L., 1994 : Contribution à l'étude hydrogéothermique du Maroc nord – occidental Thèse Doct., ENI-Sfax, Tunisie, 244p.
- Ben Dhia H., Jones F.W., Meddeb M.N., Lucazeau F. & Bouri S., 1992 : Shallow geothermal studies in Tunisia : comparison with deep subsurface information. *Geothermics*, vol.21, n°4, pp. : 503-517.
- Lahrach, A. 1994. Potentialités hydrogéothermiques du Maroc oriental. Thèse Doct., ENI-Sfax, Tunisie, 273p.
- Lesquer A., Bourmate A.S. & Dautria J.M., 1989 : First heat flow determination from the central Sahara : relationship with the pan-african belt and Hoggar uplift. *Journal of African Earth Sciences*, 9(1), 41-48.
- Mongelli F. & Zito G., 1988 : Effect of recent temperature change on shallow geothermal measurements. *Geothermics*, vol.17, n° 5/6, pp. : 765-776.
- Michard, 1979 : Géothermomètres chimiques. Bull. BRGM (2^{ème} série), section III n°2.183-189.
- Rimi A. (1990): geothermal gradients and heat flow trends in Morocco. *Geothermics*, 19, 443-454.
- Rimi A. & Lucazeau F., 1991 : Geothermal Atlas of Europe – Morocco. Hermann Haach Verlag, Gota, 21 p.
- Truesdell A.H., Janik C.J. & Sammel E.A., 1984 : Geochemistry of thermal well waters at Klamath area, Oregon. USGS, water resources investigations, report 84-4216, pp. : 1-20.
- Zarhloule Y., (1994): Potentialités hydrogéothermiques du bassin d'Essaouira-Agadir. Thèse Doct., ENI-Sfax, Tunisie, 239p.

NAPPE PHREATIQUE COTIERE DE METLINE-RAS JEBAL-RAF RAF (NE DE LA TUNISIE) : ROLE DU DOME PIEZOMETRIQUE DE SOUNINE ET DE SES EFFETS SUR LA NAPPE ET SON SUREXPLOITATION

Mejri Zouhai

*Unité de Recherche- Géologie des Ressources Naturelles, Département des Sciences de la Terre,
Université de Carthage, Faculté des Sciences de Bizerte, 7000 Bizerte, Tunisie., mejrizouhair@yahoo.fr*

Résumé.

Le bassin versant côtier de Metline-Ras Jebal-Raf Raf, est arrosé par un taux pluviométrique moyen annuel de l'ordre de 753 mm, lui confère un climat méditerranéen subhumide. Ce bassin, de forme très allongée, est drainé par un réseau hydrographique exoréique, s'écoulant principalement de l'Ouest en Est. Il s'agit d'une bande côtière effondrée suivant une direction majeure NW-SE, permettant d'une part son comblement par des dépôts marins transgressives du Pliocène, et d'autre part l'accumulation des produits de démantèlement des reliefs adjacents. Elle encaisse une nappe phréatique de 200 à 215 m de puissance, qui est logée dans les sables et les grès du Pliocène de la formation Porto-Farina, qui repose sur les marnes et les argiles du Pliocène inférieur de la Formation Raf-Raf. Cette nappe phréatique surexploitée est sollicitée par un taux d'exploitation de 10,27 Mm³ contre des ressources de 8,44 Mm³ soit un débordement de surexploitation de 1,83 Mm³. L'individualisation du dôme piézométrique de Souline vers le Sud du bassin versant de Metline-Ras Jebal-Raf Raf, a entraîné d'une part le changement de type de la nappe, notamment du type des écoulements souterrains ainsi que sa dichotomie en deux entités hydrogéologiques et d'autre part la restriction de l'intrusion marine dans la région de Souline et les zones côtières limitrophes.

Mots clés. Bassin molassique, dôme piézométrique, Tunisie nord orientale.

**GEOTECHNICAL DESIGN OF GEOTHERMAL ENERGY USE
BASED ON THE RESOURCES OF NON-OPERATED MINES**

Sadovenko I.O., Rudakov D.V., Inkin I.O.

National Mining University, K. Marx Avenue 19, 49005,

Dnipropetrovsk, Ukraine dmi3rud@mail.ru

Abstract

The analysis of energy consumption over the last decades demonstrates the growing need for wider use of alternative sources, including geothermal energy. In fact, the total potential resource of geothermal energy is not used in Ukraine properly and is one of the lowest among the industrialized countries of the world. After a century of active coalmining the vast amounts of low-grade coal reserves are still available in non-operated, abandoned and flooded mines in Ukraine. Regarding this fact the use of geothermal energy can become profitable in case of combination with other geotechnologies or environmental protection measures.

This research focuses on the elaboration of geotechnical schemes combining the use of ground source heat pumps, resources of non-operated mines, and such technologies as underground coal combustion (gasification), mine drainage, water management, and water supply. The proposed engineering solutions can significantly increase the effectiveness of geothermal applications and facilitate putting into practice these technologies not only in Ukraine but also in the countries that have similar natural conditions and extensive mining.

The first scheme aims to use heat energy of residual coal reserves in flooded mines. The available residual coal reserves in flooded mines of Ukraine are estimated at 2 billion tons; there are natural and man-made underground reservoirs where mine water can be temporally stored. The initial temperature of water pumped from deep excavations (more than 800 m below the ground) reaches 30–33 °C. The commercial use of this water for hot water supply requires additional heating to 45–55 °C, which can be done either by heat pumps or by underground coal combustion.

The successful experience in such technology on the extraction of overheated steam in Rocky Mountains (USA) in late 1980s evidenced the prospects of this geotechnology. The main feature of this scheme consists in using low-grade heat of mine waters of a flooded mine with periodical heating by combustion of low-quality coal seams regarding to seasonal variations of energy consumption. This approach allows heightening the water temperature, eliminating boiler-houses as heat generating facilities for local needs, and, possibly, creating compact modules for specific purposes, f. e. to heat greenhouses.

The second geotechnical scheme modifies an underground hydropower plant (UHPP) by adding heat pumps. The main feature of this design is that the storage and heat resources of disturbed rocks in mines to be flooded are utilised by coupling the UHPP in the shaft with the equipment using waste heat of mine water that is pumped from flooded excavations in a daily cycle with alteration of intake and discharge. The module position depends on the volumes of discharge into surface water bodies and pipeline characteristics. The hydropower plant generates electricity during the periods with maximum daily loads in electrical networks.

The UHPP as the tool for smoothing peak loads in electrical networks significantly amplifies the effectiveness of heat generating equipment recovering mine water heat. Environmental effect is reached by keeping the safe elevation of the ground water level, which prevents from flooding the land surface without additional efforts, economical effect is increased owing to the difference in prices for electricity in day and night.

Key words: flooded mine, mine water, heat recovery.

