

Université Ferhat Abbas Sétif 1
Institut d'Architecture et des
Sciences de la Terre
Département des Sciences de la Terre

جامعة فرحات عباس - سطيف 1
معهد الهندسة المعمارية وعلوم الأرض
قسم علوم الأرض



Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Hydrogéologie Appliquée

THEME:

Hydrogéochimie des eaux souterraines dans
les formations carbonatées dans la région de Guelma
(Nord-Est Algérien)

Présenté par :

KARAOUNI Brahim

OTMANI Nadjat

DEVANT LE JURY:

Président: Ms HAMAD.A

Encadreur: Dr. BENMARCE.K

Examineur: Mm MAOU.A

Promotion : 2016/2017

Résumé

La région de Guelma fait de l'édifice structural de la chaîne des magrébides. Elle est essentiellement composée de trois grands ensembles géologique ; (1) le domaine post-nappe présenté par les formations récentes ; (2) l'ensemble de nappes allochtones pelliculaires constituées principalement de marnes d'âge Crétacé moyen qui ont été charriées vers le sud et (3) le domaine de l'avant pays para-autochtone qui comprend l'unité néritique constantinoise et l'unité de Sellaoua.

Les conditions géologiques, hydro-climatiques et hydrogéologiques, montrent que les ressources en eau dans la région de Guelma réparties entre, eaux des surfaces et souterraines.

L'étude hydrochimique a permis de mettre en évidence la relation, eau-roche. Dans ce contexte, sept prélèvements ont été effectués au niveau de différents points d'eaux (six sources et un lac souterrain) en deux périodes ; hautes eaux et basses eaux (2016).

L'analyse physico-chimique des eaux prélevées a été faite en s'appuyant sur plusieurs paramètres, notamment liés à la conductivité électrique ; le taux d'oxygène dissous; la température; le PH; la dureté ; le potentiel d'oxydo-réduction (Eh), ainsi qu'aux éléments majeurs et mineurs.

Les résultats obtenus par le biais de cette étude et l'allure de diagramme de Piper, Stabler ont mis en évidence les différents faciès chimique présentés dans les eaux échantillonnées ainsi que leurs qualités.

L'analyse en composantes principales est comme outil d'aide à l'interprétation, a permis de dégager les paramètres pertinents qui régissent la minéralisation des eaux et ceux qui pourraient altérer sa qualité, et l'identifier les conditions oxydantes ou réductrices du milieu où elles se trouvent.

Mots clés : Hydrogéochimie, eaux souterraines, formations carbonatées, Guelma.

ملخص

تتتمي منطقة قالمة الى الصرح الهيكلي للسلسلة المغاربية. وهي تتألف أساسا من ثلاثة مجمعات جيولوجية كبيرة؛ (1) مجال ما بعد الطبقات المتنقلة المتمثل في التشكيلات الحديثة (العصر الرابع). (2) مجموعة الطبقات المتنقلة اللتي تتكون أساسا من تشكيلات طينية تعود للعصر الطباشيري المتوسط التي تم نقلها جنوبا. (3) والمجال المحلي الذي يشمل الوحدة القسنطينية (النيريتيك)، و وحدة سلاوة.

وتبين الظروف الجيولوجية والجوية والهيدروجيولوجية أن الموارد المائية في منطقة قالمة تختلف بين المياه السطحية والجوفية.

وأُتاحت الدراسة الهيدروكيميائية تسليط الضوء على العلاقة الموجودة بين الماء و الصخر. وفي هذا السياق، أخذت سبع عينات في نقاط المياه (سنة مصادر وبحيرة واحدة تحت الأرض) في فترتين مختلفتين؛ فترة التساقط والجفاف.

واستند التحليل الفيزيائي والكيميائي للمياه المأخوذة على عدة خصائص، لا سيما فيما يتعلق بالتوصيل الكهربائي؛ محتوى الأوكسجين المذاب. درجة الحرارة؛ وفي الصلابة وكذلك العناصر الرئيسية والثانوية.

النتائج التي تم الحصول عليها من خلال هذه الدراسة واستنادا على مخطط بيير و ستابلر كشفت وجود تصنيفات كيميائية مختلفة في عينات المياه.

أداة دعم التفسير، حددت المعايير ذات الصلة التي تحكم تمعدن المياه وتلك التي قد تغير نوعيتها، وتحديد الشروط المؤكدة أو شروط الإرجاع للوسط

كلمات البحث: الدراسة المائية الجيوكيميائية، المياه الجوفية، التكوينات الكربونية، قالمة

Abstract

The region of Guelma makes the structural edifice of the Magrebe chain. It is essentially composed of three large geological complexes; (1) the post-aquifer domain presented by recent formations; (2) the set of pellicular allochthonous layers consisting mainly of medium Cretaceous marls that have been conveyed southward; and (3) the para-autochthonous front-country domain which includes the Constantinian neritic unit and the Unit of Sellaoua.

Geological, hydro-climatic and hydrogeological conditions show that water resources in the Guelma region are divided between surface and underground waters.

The hydrochemical study made it possible to highlight the relationship, water-rock. In this context, seven samples were taken at different water points (six sources and one subterranean lake) in two periods; High and low waters (2016).

The physicochemical analysis of the collected water was carried out on the basis of several parameters, notably related to electrical conductivity; The dissolved oxygen content; temperature; The PH; hardness ; The oxidation-reduction potential (Eh), as well as to the major and minor elements.

The results obtained from this study and the Piper, Stabler diagram showed the different chemical facies presented in the sampled waters and their qualities.

The ACP as a tool for interpretation helped to identify the relevant parameters governing the mineralization of waters and those that could alter its quality and to identify the oxidizing or reducing conditions of the environment in which they occur.

Keywords: Hydrogeochemistry, groundwater, carbonate formations, Guelma.

Table des matières

- **Liste des figures**
- **Liste des tableaux**
- **Introduction générale.....1**

Chapitre I : CADRE GÉNÉRAL DE LA ZONE D'ÉTUDE

I.1. Situation géographique de la zone d'étude	3
I.2. Géomorphologie générale	4
I.3. Réseau Hydrographique.....	5
I.3.1.Oued Seybouse.....	5
I.3.2. Oued Bouhamdane.....	5
I.3.3. Oued Charef.....	5
I.4. Contexte socio-économique.....	5

Chapitre II : CADRE GÉOLOGIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction	7
II.1. Géologie régional	7
II.2. Stratigraphie des différentes unités structurales	8
II.2.1. Description des terrains	8
II.2.1.1. Les formations quaternaires récentes	8
II.2.1.2. Les formations quaternaires anciennes	8
II.2.1.2.1. Mio-pliocène continental lacustre	8
II.2.2. Les unités lithostructurales	9
II.2.2.1. L'unité ultra-tellienne	9
II.2.2.2. L'unité tellienne.....	9
II.2.2.2.1. L'unité tellienne Globirigines	9

II.2.2.2.2. L'unités tellienne à Nummulite au sud Djebel Bardou.....	10
II.2.2.3. L'unité Néritique constantinoise	10
II.2.2.3.1. La nappe néritique constantinoise.....	11
II.2.2.3.1.1. A l'Est de Djebel Debar	11
II.2.2.3.1.2. A Hammam Ouled Ali.....	11
II.2.2.3.1.3. Au Douar Bouzitoune-Heliopolis.....	11
II.2.2.3.1.4. A la station Nador.....	11
II.2.2.3.1.5. Les unités de Sellaoua	12
II.2.3. Aperçu paléogéographique et structural	12
II.2.3.1. La phase orogénique responsable de la mise en place des nappes	12
II.2.3.2. La phase post-miocène inférieur	12
II.2.4. Domaine des nappes	12
II.2.4.1. Nappe Numidienne	12
II.2.4.2. Les flyschs	13
II.2.4.2.1. Les grés du crétacé inférieur	13
II.2.4.2.2. Complexe de base	13
II.2.4.3. Nappe telliennes	13
II.2.4.3.1. Sénonien à microbreches	13
II.2.4.4. Nappe ultra-telliennes	13
II.2.4.4.1. Djebel Bou Sba	13
II.2.4.4.1.1. Yprésien à lutétien inférieur	13
II.2.4.4.1.2. Dano-paléocène.....	13

II.2.4.4.1.3. Campanien et Maestrichtien	13
II.2.4.4.1.4. Santonien.....	14
II.2.4.4.1.5. Coniacien.....	14
II.2.4.4.1.6. Valanginien à Aptien	14
II.2.4.4.2. Hammam Ouled Ali.....	14
Conclusion.....	14
 Chapitre III : CARACTÉRISTIQUES HYDROLOGIQUES ET CLIMATIQUES	
Introduction.....	15
III.1. Type de climat :.....	15
III.2. Analyse des données climatiques	15
III.2.1. Les précipitations	15
III.2.1.1. Répartition annuelle des précipitations	16
III.2.1.2. Répartition des précipitations mensuelles	18
III.2.1.3. Répartition saisonnière des précipitations.....	20
III.2.2. Les températures	21
III.2.2.1 Les températures moyennes mensuelles.....	22
III.2.2.2. Les extrêmes mensuels moyens	22
III.2.3. Diagramme pluviothermique.....	23
III.3. Le bilan hydrique	23
III.3.1. Evapotranspiration.....	24
III.3.1.1. Evapotranspiration potentielle (ETP):	24
III.3.1.2. Evapotranspiration réelle (ETR) :.....	26

III.3.2. Représentation graphique du bilan.....	26
III.3.3. Le ruissellement	27
III.3.4. L'infiltration.....	28
Conclusion	29

Chapitre IV : Etude hydrogéologique

Introduction	30
IV.1. Aperçu hydrogéologique.....	30
IV.2. Inventaire des points d'eau	30
IV.3. L'aquifère des formations carbonatées dans la région d'Héliopolis-El Fedjoudj.....	31
IV.3.1. Directions des écoulements.....	32
IV.3.2. Interprétation de la coupe hydrogéologique Est-Ouest.....	32
Conclusion.....	33

Chapitre V : Etude hydro-chimique

Introduction	34
V.1. Généralités hydrogéochimiques.....	34
V.2. Matériels et Méthodes de travail	34
V.3. Présentation des résultats	35
V.4. Analyses physicochimiques des eaux souterraines	37
V.4.1. Paramètres physiques des eaux souterraines	37
V.4.1.1. La température de l'eau	38
V.4.1.2. pH	38
V.4.1.3. Le potentiel d'oxydoréduction (Eh)	39
V.4.1.4. La conductivité électrique (C.E)	39

V.4.1.5. Oxygène dissous (O_2) :.....	40
V.4.1.6. La dureté totale ou degré hydrotimétrique ($^{\circ}TH$)	40
V.4.2. Paramètres chimiques des eaux souterraines:.....	41
V.4.2.1. Elements majeures (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^{2-} , NO_3^{2-}).....	41
V.4.2.1.1. Teneur en cations (mg/l) (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+).....	41
V.4.2.1.2. Teneur en anions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^{2-} , NO_3^{2-}).....	43
V.4.2.2. Teneurs en éléments mineurs (mg/l).....	45
V.4.2.3. Les métaux lourds (Fe^{++} , Mn^{++})	46
V.5. Détermination des faciès chimiques des eaux souterraines des formations.....	47
V.5.1. Le diagramme de Piper.....	47
V.5.1.1. Période des hautes eaux	48
V.5.1.2. Période des basses eaux	49
V.5.2. Le diagramme de Stabler.....	50
V.6. Acquisition de la minéralisation des eaux souterraines dans les formations carbonatées (Mai-Aout/2016)	53
V.7. Analyse en composantes principales des eaux souterraines dans les formations carbonatées Héliopolis- El Fedjoudj (mai-aout/2016)	55
V.7.1. Matrice de Corrélation (mai-aout/2016)	55
Conclusion.....	61
Conclusion générale.....	63