République Algérienne Démocratique et Populaire

Minisètre de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

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

Université Ferhat Abbas Sétif 1

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master en Hydrogéologie

THEME:

LA CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DU SYSTÈME HYDROTHERMAL DE LA RÉGION BOUGÀA -NORD EST ALGÉRIEN

Présenté par

- **Zaabat Kaouther**

DEVANT LE JURY:

Président:	**Dr.BELLOUCHE MED AMOKRANE**	**Université Sétif -1**
Encadreur:	**Pr.DEMDOUM ABDESLAM**	**Université Sétif -1**
Examinateur:	**Dr.HAMLAOUI MAHMOUD**	**Université Sétif -1**

Promotion : 2021/2022

Résumé :

Notre étude porte sur l'étude hydrogéologique de la région de Bougàa, et la contribution du système hydrothermal dans cette région. Cette dernière, située au Nord-Est de l'Algérie, est une zone montagneuse. Son climat est subhumide, avec des précipitations annuelles d'environ 613,4 mm et une température atmosphérique moyenne de 15,6 °C. Cette région est caractérisée par deux grands accidents conjuguées NW-SE et NE-SW

D'un point de vue hydrogéologique, deux aquifères importants ont été identifiés dans la région : le premier l'aquifère alluvial qui est principalement formé par des dépôts alluviaux, les eaux de cet aquifère sont généralement de bonne qualité chimique et conviennent pour la plupart à des fins potables, industrielles et agricoles. Le second est la nappe profonde des calcaires du Crétacé (nappe carbonatée néritique), cette nappe est caractérisée par la présence d'eaux thermales émergeant par des failles et des fractures à des températures comprises entre 41°C et 44°C avec un débit important. La composition chimique des eaux thermales est contrôlée par la nature et la structure géologique de la région, en particulier les formations carbonatées mésozoïques et les évaporites triasiques.

Abstract :

Our study focuses on the hydrogeological study of the Bougàa region, and the contribution of the hydrothermal system in this region. The latter, which is located in the North-East of Algeria, is a mountainous area. Its climate is sub-humid, with the annual precipitation of approximately 613.4 mm and the average atmospheric temperature of 15.6 °C. The region is influenced by the association of combined NW-SE and NE-SW accidents.

From a hydrogeological point of view, two important aquifers were identified: the first the alluvial aquifer which is mainly formed by alluvial deposits, the waters of this aquifer are generally of good chemical quality and suitable for most for drinking, industrial and agricultural purposes. The second is the deep aquifer of limestones Cretaceous (Neritic carbonate aquifer), this aqufer is characterized by the presence of thermal waters emerging through faults and fractures at temperatures ranging between 41°C and 44°C with a high flow rate. The chemical composition of the thermal waters is controlled by the nature and the geological structure of the region, in particular the Mesozoic carbonate formations and the Triassic evaporites.

ملخص :

تركز دراستنا على الدراسة الهيدروجيولوجية لمنطقة بوقا ، ومساهمة النظام الحراري المائي في هذه المنطقة. هذه الأخيرة ، التي تقع في الشمال الشرقي للجزائر ، هي منطقة جبلية. مناخها شبه رطب ، مع هطول الأمطار السنوي حوالي 613.4 ملم ومتوسط درجة حرارة الغلاف الجوي 15.6 درجة مئوية. تتأثر المنطقة بارتباط حوادث مدمجة NW-SEو NE-SW.

من وجهة النظر الهيدروجيولوجية ، تم تحديد خزانين هامين من طبقات المياه الجوفية: أول طبقة المياه الجوفية السطحية التي تتكون أساسًا من الرواسب الغرينية ، مياه هذا الخزان الجوفي بشكل عام ذات جودة كيميائية جيدة ومناسبة لمعظم أغراض الشرب والصناعية والزراعية. والثاني هو طبقة المياه الجوفية العميقة من الحجر الجيري الطباشيري (طبقة كربونات النيريت) ، ويتميز هذا الخزان بوجود مياه حرارية تظهر من خلال الصدوع والكسور عند درجات حرارة تتراوح بين 41 درجة مئوية و 44 درجة مئوية مع معدل تدفق مرتفع. يتم التحكم في التركيب الكيميائي للمياه الحرارية من خلال الطبيعة والبنية الجيولوجية للمنطقة ، ولا سيما تكوينات الكربونات الدهر الوسيط والمتبخرات الترياسية.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE 1

Chapitre I : Cadre géographique

Introduction 3
I.1 Situation géographique 3
I.2 Géomorphologie : 5
I.3 Climat et végétation : 5
I.4 Relief : 5
I.5 Habitation, culture et communication : 5
I.6 Réseau hydrographique : 6
Conclusion : 7

Chapitre II : Cadre géologique

Introduction : 8
II.1 Cadre géologique régional : 8
II.1.1 Le domaine interne : 8
II.1.2 Domaine des flyschs : 8
II.1.3 Le domaine externe : 8
II.2 Cadre géologie locale : 12
II.2.1 Analyse litho stratigraphie : 12
II.2.1.1 Trias :(t) : 12
II.2.1.2 Formation de l'Autochtone relatifs à Dj Guergour 12
II.2.1.3 Formation de nappe péni tellienne du Dj Hellal 14
II.2.1.4 Formation de nappe de Djemila : 14
II.2.1.5 Formation de nappe de type Ben Abdallah : 15
II.2.1.6 Miopliocéne : 16
II.2.1.7 Les formations de Quaternaires : 16
II.3 Les aquifères potentiels: 16
II.3.1 Formations récentes du Quaternaire et de Miopliocéne. 16
II.3.2 Formation de la nappe de Beni Abdallah. 16
II.3.3 Formation de la nappe de Djemila. 16
II.3.4 Formation du Dj. Hallal. 16
II.3.5 Formation du Dj. Guergour et Annini. 16
II.4 Tectonique : 17
II.4.1 Tectonique souple et tangentielle : 17
- Les anticlinaux et les synclinaux 17
- Les nappes de charriages 17
II.4.2 Tectonique cassante: 17
Conclusion : 20

SOMMAIRE

Chapitre III : Cadre hydroclimatologique

Introduction : 22
III.1 Aperçu sur le climat de l'Algérie : 22
III.2 Aperçu sur le climat de Sétif : 22
III.3 Aperçu sur le climat de Bougàa : 22
III.4 Morphologie : 22
III.4.1 Description du sous bassin versant (d'Oued Kef Annser) : 22
III.4.2 Caractéristiques morpho métriques de sous bassin : 23
III.4.2.1 Surface et Périmètre : 23
III.5 Étude climatique : 25
III.5.1-Précipitation : 25
III.5.2-Température : 28
III.5.3- Relation température –précipitation : 31
III.5.3.1 : Diagramme Ombro-Thermique: 31
III.5.4-Détermination de l'humidité du sol : 32
III.5.4.1-Méthode d'Euverte : 32
III.5.5 :Détermination du type du climat : 33
III.5.5.1 :Indice de Martonne (1926) : 33
III.5.6 Évapotranspiration : 35
III.5.6.1 Évapotranspiration potentielle (ETP) : 36
III.5.6.2 Evapotranspiration réelle (ETR) : 37
III.5.7 Bilan hydrique : 38
III.5.8- Ruissèlement superficielle : 42
III.5.9- Infiltration : 42
III.5.10-Bilan hydrologique : 43
Conclusion : 43

Chapitre IV : Hydrogéologie

Introduction 45
IV.1 Les formations aquifères de la région de Bougaa 45
IV.1.1 L'aquifère du Jurassique (jD) 45
IV.1.2 Aquifère du Crétacé inférieur 45
IV.1.3 Aquifère de l'Albien à Cénomanien basal 45
IV.2.4 L'aquifère du Campanien supérieur à Maastrichtien 45
IV.2.5 Aquifère de l'Yprésien Lutétien inférieur 46
IV.2.6 Aquifère du Mio-Plio-Quaternaire 46
IV.3 Nappe phréatique de Bougaa 46
IV.4 Etude piézométrique 46

IV.4.1 Inventaire des points d'eau 46
IV-4.2 Piézométrie et gradient hydraulique : 49
IV.4.3 Analyse et interprétation des cartes piézométrique 49
IV.4.3.1 Gradient hydraulique 49
Conclusion 51

Chapitre V : Hydrochimie

Introduction : 52
V.1 La nappe Mio-Plio-Quaternaire : 52
V.1.1 Etude des paramètres physico-chimiques : 52
Température : 52
Potentiel d'hydrogène (PH) : 52
Conductivité : 53
Minéralisation : 54
V.1.2 Étude des paramètres chimiques : 55
Étude des cations : 55
Calcium (Ca^{2+}) : 55
Magnésium (Mg^{2+}) : 55
Sodium et Potassium ($Na^{+} + K^{+}$) : 55
Etude des anions : 56
Chlorure(Cl^{-}) : 56
Sulfates (SO_4^{-}) : 56
Bicarbonates (HCO_3^{-}) : 56
V.2 La nappe profonde : 57
V.2.1 Etude des paramètres physiques : 57
Température : 57
Etude des Cations : 57
Calcium (Ca^{2+}) : 57
Magnésium (Mg^{2+}) : 58
Sodium et Potassium ($Na^{2+}K^{+}$) : 58
Etude des Anions : 58
Chlorure (Cl^{-}) : 58
Sulfates ($SO4^{-}$) : 58
Bicarbonates ($HCO3^{-}$) : 58
V.3 Indice d'échange de base (i.e.b) : 59
V.4 Classification des eaux étudiées : 60
V.5 Classification des eaux d'après Piper : 61
V.6 Classification des eaux d'après Schoeller-Berkaloff : 63

V.7 Potabilité des eaux étudiées par rapport aux normes algériennes :..... 65
V.8 Classification des eaux d'irrigation en fonction de la C.E et du S.A.R (Méthode de Richards) :.. 69
Conclusion :..... 71

Chapitre VI : Thermalisme de la région de Bougaa

Introduction 73
VI.1 Définition de la thermalité..... 73
VI.2 Origine de la thermalité :..... 73
VI.3 Classification des eaux thermales : 73
VI.4 Les eaux thermales de Hammam Guergour : 73
VI.4.1 Présentation de la source :..... 73
VI.4.2 Propriétés physicochimiques des eaux thermales : 75
VI.4.3 Caractéristiques thérapeutiques :..... 76
Conclusion :..... 76

CONCLUSION GENERALE 77

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES