

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur 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



Mémoire
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master en Hydrogéologie
THEME:

Etude comparative des eaux thermales de la région de
Guelma, Nord-Est Algérie

Présenté par :

Hacid Mebarek

DEVANT LE JURY:

Encadreur : Dr. Benmarce Kaddour
Examineur: Dr. Bersi Mohaned
Examineur: Dr. Fisli Zoulikha.

MCA Université Ferhat Abbas Sétif 1
MCB Université Ferhat Abbas Sétif 1
M.A classe Université Ferhat Abbas Sétif 1

Promotion : 2019/2020

Résumé

Dans le but de réaliser une étude comparative sur les eaux thermales de la wilaya de Guelma au extrême Nord Algérien et expliquer les phénomènes et l'origine de thermalité de ces eaux. Des analyses physicochimiques ont été effectuées sur Cinq sources thermales. Les sources thermales de Hammam Debagh (Meskhoutine), Belhachani, Guerfa, N'bail et Ouled Ali représentent les sources les plus exploitées au niveau du secteur d'étude.

La région d'étude fait partie de l'édifice structural de la chaîne des Maghrébides, son climat est de type tempéré.

L'analyses descriptives des paramètres physicochimiques et l'application des différents diagrammes ont montré que les eaux thermales sont : sulfatés calcique pour les sources (Debagh, Belhachani), bicarbonatées calcique pour les sources (Guerfa, Ouled Ali), et chlorurées sodique pour la source N'bail, Avec une température d'émergence variée entre 44 et 93 °C. L'étude des indices d'échanges de base a montré que les sources thermales de Debagh, Belhachani, Guerfa et N'bails sont des sources d'origine sédimentaire, et la source Ouled Ali est d'origine cristalline.

L'étude géothermométriques indiquent que la nature lithologique du réservoir est évaporitique pour les sources thermales de Hammam Debagh, Belhachani, et Guerfa. Argileuse pour la source de N'bail, et cristallin pour la source de Ouled Ali.

Les eaux thermales de la wilaya de Guelma offrent l'opportunité de relance économique grâce au tourisme thermique. Ainsi que les spécificités curatives contre plusieurs maladies tell que : les maladies Rhumatismales, Dermatologiques, et neurologiques.

Mots clés : Guelma, source thermales, Hammam, hydrochimie, faciès chimique, hydrothérapie, tourisme.

Abstract

In order to make a comparative study on the thermal waters of the wilaya of Guelma in the extreme north of Algeria and to explain the phenomena and the origin of the thermal waters, Physico-chemical analyzes were carried out on five thermal springs. The hot springs of Hammam Debagh (Meskhoutine), Belhachani, Guerfa, N'bail and Ouled Ali represent the most exploited sources in the study area.

The study region is part of the structural edifice of the Maghreb chain, its climate is temperate.

The descriptive analyzes of the physicochemical parameters and the application of the various diagrams showed that the hot waters are : sulphated calcium for the sources (Debagh, Belhachani), bicarbonated calcium for the sources (Guerfa, Ouled Ali), and sodium chloride for the source N'bail, With an emergence temperature varying between 44 and 93 °C. The study of basic exchange indices showed that the thermal springs of Debagh, Belhachani, Guerfa and N'bails are sources of sedimentary origin, and the Ouled Ali source is of crystalline origin

The Geothermal studies indicate that the lithological nature of the reservoir is evaporitic for the thermal springs of Hammam Debagh, Belhachani, and Guerfa. Clayey for the source of N'bail, and crystalline for the source of Ouled Ali.

The hot springs of the wilaya of Guelma offer the opportunity for economic recovery thanks to thermal tourism. As well as the curative specificities against several diseases such as : Rheumatic, Dermatological, and neurological diseases.

Key words : Guelma , hot springs , hammam , hydrochemistry , chemical facies , hydrotherapy, tourism.

ملخص

بههدف إجراء دراسة مقارنة عن المياه الحرارية لولاية قالمة في أقصى شمال الجزائر وشرح ظاهرة وأصل المياه الحرارية تم اجراء التحليلات الفيزيوكيميائية علي خمس ينابيع مائية حرارية, حمام الدباغ (المسخوطين) , حمام بلحشاني, حمام القرفة, حمام النبايل و حمام أولاد علي يمثلون الينابيع الأكثر استغلالا في منطقة الدراسة. منطقة الدراسة هي جزء من الصرح الإنشائي لسلسلة المغاربية، ذات المناخ المعتدل.

أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية الرسومات البيانية المختلفة أن سحنة المياه الساخنة هي: كلسية كبريتية بالنسبة لحمام الدباغ وبلحشاني ، كلسية كربوناتية بالنسبة لحمام القرفة واولاد علي ، وكلوريد الصوديوم بالنسبة لحمام النبايل ، وتتراوح درجة حرارة ظهورها بين 44 و 93 درجة مئوية. كما أظهرت دراسة مؤشرات التبادل الأساسية أن الينابيع الحرارية في دباغ وبلحشاني والقرفة والنبائل ذات مصدر رسوبي ، اما ينابيع أولاد علي فمصدرها بلوري.

تشير الدراسات الحرارية الجوفية إلى أن الطبيعة الصخرية للخران هي عبارة عن صخور متبخرة بالنسبة للينابيع الحرارية في حمام دباغ وبلحشاني والقرفة. طينية بالنسبة لينابيع النبايل وبلورية بالنسبة لينابيع أولاد علي.

توفر الينابيع الساخنة لولاية قالمة فرصة للانتعاش الاقتصادي بفضل السياحة الحموية. بالإضافة إلى الخصائص العلاجية للعديد من الأمراض مثل: الأمراض الروماتيزمية والجلدية والعصبية.

كلمات مفتاحية

قالمة، ينابيع حارة، حمام، هيدروكيميا، السحنة الكيميائية، المعالجة المائية، السياحة الحموية

Tables des Matières

Remerciement

Dédicace

Résumé

Tables des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale :01

Chapitre I : contexte générale

I.1. Introduction	3
I.2.Population	3
I.3.géomorphologie générale	4
I.3.1.Le Relief	4
I.3.2.Le climat	4
I.3.3. Le Réseau hydrographique	4
I.4. Contexte socio-économique	5
I.4.1. L’aspect agricole	5
I.4.2. L’aspect industriel	6
I.4.3.L’aspect touristique	6
I.5.Conclusion	6

Chapitre II : Contexte géologique

II.1.Introduction	7
II.2. La géologie régionale	7
II.2.1. Le domaine Interne	8
II.2.1.1.Le socle kabyle	8
II.2.2. Le domaine médian ou domaine des Flyschs	9
II.2.2.1. Les flyschs Mauritanien	9
II.2.2.2. Les flyschs Massyliens	10
II.2.2.3. Les Flyschs Numidiens	10
II.2.3. Le domaine externe (Le Tell)	10
II.2.3.1. Les séries Tellien	11
II.2.3.1.1. Les unités ultra-telliennes	11
II.2.3.1.2.Les unités tellien sensu stricto	11
II.2.3.1.3.Les séries Pénitelliennes et les unités méridionales à nummulites	11
II.2.3.2. Les série de l’avant pays allochtone	11
II.2.3.2.1.L’ensemble allochtone Sud Sétien	12
II.2.3.2.2.L’ensemble Constantinois	12

II.2.3.2.3.L'ensemble Algéro-tunisien	12
II.2.3.3. Le domaine de l'avant pays para-autochtone et autochtone	12
II.3. La Tectonique régionale	12
II.4. Aperçu sur la géologie locale	13
II.4.1. Stratigraphie des différentes unités structurales	13
II.4.1.1. Le Quaternaire	13
II.4.1.1.1. Les basses terrasses	13
II.4.1.1.2. Les moyennes terrasses	13
II.4.1.1.3.Les hautes terrasse	13
II.4.1.2. Le Mio-Pliocène (continental et lacustre)	13
II.4.1.3. Le domaine allochtone	13
II.4.1.3.1. La nappe numidienne	13
II.4.1.3.2. La nappe des Flyschs	13
II.4.1.3.3.La nappe tellienne	14
II.4.1.3.3.1.La nappe ultra-tellienne	14
II.4.1.3.3.2.La nappe ultra-tellienne du Djebel Haouara	14
II.4.1.3.3.3.La nappe ultra- tellienne de Djebel bousbaa	14
II.4.1.3.3.4.La nappe tellienne de Hammam Ouled Ali (sensu stricto)	14
II.4.1.3.3.5.La nappe tellienne de la région de Ras El Agba-Sellaoua Announa	14
II.4.1.4. Le domaine para-autochtone	16
II.4.1.4.1. La nappe néritique constantinoise	16
II.4.1.4.1.1. A l'Est de Djebel Debar	17
II.4.1.4.1.2.A Hammam Ouled Ali	17
II.4.1.4.1.3. Au Douar Bouzitoune-Héliopolis	17
II.4.1.4.1.4. A la station Nador	18
II.4.2.La Reconstitution paléogéographique	18
II.5.Conclusion	18

Chapitre III : Contexte hydroclimatique

III.1 Introduction	19
III.2.Aperçu générale sur le climat en Algérie	19
III.2.1Climat et Hydrologie de secteur d'étude	19
III.3.Les données disponibles	20
III.4. Analyse des données climatiques	21
III.4.1. Les précipitations	21
III.4.1.1.Précipitations moyen annuelle	21
III.4.1.2.Coefficient pluviométrique	21
III.4.1.3.Précipitation moyenne mensuelle	22
III.4.1.3.interprétation des résultats	24
III.4.2.La température	24
III.4.2.1.Discussion	25

III.4.3.Relation << Température – Précipitation>>	25
III.4.3.1.Diagramme Ombro-Thermique	25
III.4.3.2. Méthode d’Euverte	25
III.4.3.3.Indice d’aridité annuel de De. Martonne	27
III.4.3.4.Abaque de De. Martonne	28
III.4.3.5. Calcul de l’indice d’aridité mensuelle	28
III.4.3.6. Le quotient pluviométrique annuel de Morale	29
III.05.Le Bilan Hydrologique	30
III.5.1. L’évaporation	30
III.5.1.1. Evapotranspiration potentielle «ETP»	30
III.5.1.2. L’évapotranspiration réelle (ETR)	31
III.5.1.2.1. Méthode de Turc	31
III.5.1.2.2. Méthode de Thornthwaite	32
III.5.1.2.3. Méthode de Coutagne	32
III.5.2.Estimation du ruissellement et de L’infiltration	32
III.6.conclusion	34

Chapitre IV : Contexte hydrogéologique

IV.1.Introduction	35
IV.2.L’aquifère des alluvions Moi-Plio-Quaternaires	35
IV.2.1.Aquifère des hautes terrasses	35
IV.2.2.Aquifère du moyen terrasse	36
IV.2.3. Aquifère des basses terrasses (vallée actuelle)	36
IV.3. La nappe des calcaires néritiques et sénoniens d’Héliopolis	37
IV.4.L’aquifère des formations carbonatées de la région de Ras El Agba-Sellaoua-Announa	37
IV.5. L’aquifère des formations carbonatées de la région de Bouhachana-Ain Larbi (Ex Gounod)	37
IV.6.Aperçu géophysique	37
IV.7.Directions des écoulements des aquifères	38
IV.7.1.L’aquifèredes alluvions Moi-Plio-Quaternaires	38
IV.7.2. La nappe des calcaires néritiques et sénoniens d’Héliopolis	39
IV.7.3. L’aquifère des formations carbonatées de la région de Ras El Agba-Sellaoua-Announa	39
IV.7.4. L’aquifère des formations carbonatées de la région de Bouhachana-Ain Larbi (Ex Gounod)	39
IV.8.La Piézométrie	40
IV.8.1. Piézométrie de l’aquifère alluvionnaire de Guelma	40
IV.8.2. Piézométrie dans l’aquifère des formations carbonatées dans la région d’Héliopolis-Fedjoudj	42
IV.8.3.Piézométrie dans l’aquifère des formations carbonatées de la région de Ras El Agba-Sellaoua-Announa	43

IV.8.4.Directions des écoulements dans L'aquifère des formations carbonatées de la région de Bouhachana–Ain Larbi	43
IV.9.Conclusion	44

Chapitre V : Contexte hydrochimique

V.1. Introduction	45
V.2. Définition d'une eau thermale	44
V.3. Origine et Mode de fonctionnement des systèmes thermaux	44
V.3.1. Les causes de la thermalité	44
V.3.2. les moteurs de la remontée des eaux vers la surface	45
V.4. Répartition géographique et géologique des sources thermales dans la zone d'étude	45
V.4.1. Hammam Debagh	45
V.4.2.Hammam Ouled Ali	45
V.4.3.Hammam N'Bails	46
V.4.4.Hammam Guerfa	46
V.4.5.HammamBelhachani	46
V.5. Matériels et méthodes	47
V.6.Interprétation des caractéristiques physico-chimiques des eaux thermales	48
V.6.1. Etude des paramètres physiques	49
V.6.1.1. La Température	49
V.6.1.1.1. Classification des Eaux selon la température	49
V.6.1.2.Le potentiel Hydrogène (pH)	49
V.6.1.3. La Conductivité électrique	50
V.6.1.4.L'oxygène dissous	50
V.6.1.5.Le titre hydrotimétrique	50
V.6.2.Etude des paramètres chimiques	51
V.6.2.1.Les cations	51
VI.6.2.2.Les Anions	52
VI.6.2.3.) Les éléments mineurs (traces)	52
V.7. Etude des valeurs relatives	52
V.7.1. Indice d'échange de base (i.e.b)	52
V.7.2.Les rapports caractéristiques	53
V.7.2.1. Rapport rMg^{++} / rCa^{++}	53
V.7.2.2.Rapport rSO_4^{--} / rCl^-	53
V.7.2.3. Rapport $r(Na + K^+) / rCl^-$	53
V.8.Classification chimique des eaux	54
V.8.1. Formules caractéristiques (ioniques)	54
V.8.2. Diagramme de Piper	54
V.8.2.1.résultat obtenue	54
V.8.3.Diagramme semi- logarithmique de Scholler – Berkloff	55

V.8.4.Diagramme de Stiff	56
V.9. La Géothermométrie	57
V.9.1.introduction	57
V.9.2. La méthode D'IIRG	57
V.9.3.Essais d'évaluation des températures en profondeur à l'aide des géothermomètres chimiques	59
V.11.Conclusion	62

Chapitre VI : Contexte socio-économique

VI.1.Introduction	63
VI.2. Le géotourisme	63
VI.2.1.Potentialités touristiques et thermales de la ville de Guelma	63
VI.3.propriétés thérapeutique et intérêts médicale des eaux thermales de Guelma	64
VI.4.utilisation de l'énergie géothermale	66
VI.4.1.L'électricité géothermique	67
VI.4.2. Pompes à chaleur géothermique	67
VI.5.conclusion	67

Conclusion générale	68
---------------------	----