

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 de fin d'études présenté en vue de l'obtention du
diplôme master en géologie
Option : Hydrogéologie Appliquée**

THEME:

Etude des caractéristiques des eaux thermales du territoire Sétifien

Présenté par

Tcheir Yaaqoub

DEVANT LE JURY:

Présidente: M^{me} Chouaf IbtiSEM - Maître Assistant A - U.Sétif 1.

Encadreur: M^r Demdoum Abdeslam - Professeur - U.Sétif 1.

Examinatrice: M^{me} Maou Amel - Maître Assistant A - U.Sétif 1.

Promotion : 2017/2018

ملخص

إقليم ولاية سطيف يحتوي على احتياطي كبير من المياه الجوفية والتي تتجلى في شكل انبعاث مياه عذبة ناشئة بين تشكلات كربونات الإيوسين من العصر الطباشيري والجوراسي احتمالاً. هذا الاحتياطي من المياه يغذي العديد من الينابيع الحرارية والتي هي على النحو التالي : حمام دهامشة ، حمام قرقور ، حمام أولاد يلس (مزلوق) ، بئر زديم 2 (قلال) ، منبع دوار أولاد بوطارة (قلال) ، منبع دوار لكبير (قجال) ، حمام سيدي منصور (أولاد تيان) ، حمام الحامة (بوطالب) ، حمام السخنة. كما ان هذه الينابيع تمتاز بدرجة حرارة ظهور عل السطح أكبر من 25°C , وهو موضوع عملنا والذي يتمثل في دراسة الخصائص الفيزيو- كيميائية لهذه المياه الحرارية من وجهة نظر هيدروكيميائية لإقليم ولاية سطيف.

تمتلك المياه الحرارية في إقليم سطيف خصائص علاجية خاصة للأمراض الجلدية والروماتيزمية. يمثل استغلال الينابيع الحرارية من خلال تكوين المجمعات المعدنية الحديثة استثماراً مهماً لقطاع السياحة واقتصاد المنطقة.

الكلمات المفتاحية : إقليم سطيف ، مياه حرارية ، حمام تقليدي ، ظهور ، هيدروكيمياء ، علاجي ، سياحة.

Résumé

Le territoire de la wilaya du Sétif possède une réserve en eau souterraine non négligeable qui se manifeste sous forme de résurgences d'eau douce émergeant entre les formations éocènes carbonatées et celles de la plate forme carbonatée d'âge crétacé et probablement jurassique. Cette réserve en eau alimente de nombreuses sources thermales qui sont les suivantes ; Hammam Dehamcha, Hammam Guergour, Hammam Ouled Yelles (Mezloug), Source Zdim2 (Guellal), Source Ouled Boutara (Guellal), Source Douar Lekbir (Guidjel), Hammam Sidi Mansour (Ouled Tebben), Hammam Hamma (Boutaleb), Hammam Soukhna, et dont la température à l'émergence est supérieur à 25°C. Ces sources thermales sont l'objet de notre travail, qui consiste à réaliser des études sur les caractéristiques des eaux thermales du point de vue hydrochimique du territoire Sétifien.

Les eaux thermales du territoire Sétifien présentent des propriétés thérapeutiques surtout pour les maladies Dermatologique et Rhumatismales.

L'exploitation des sources thermales par la constitution des complexes minérales modernes représente un investissement important pour le secteur de tourisme et l'économe du pays.

Mots clés : territoire Sétifien, eaux thermale, Hammam, émergence, hydrochimie, thérapeutique, tourisme.

Abstract

The territory of the wilaya of Setif has a significant underground water reserve which manifests itself in the form of resurgences of fresh water emerging between the Eocene carbonate formations and those of the carbonate platform of Cretaceous and probably Jurassic age. This water reserve feeds many thermal springs which are as follows; Hammam Dehamcha, Hammam Guergour, Hammam Ouled Yelles (Mezloug), Source Zdim2 (Guellal), Source Ouled Boutara (Guellal), Source Douar Lekbir (Guidjel), Hammam Sidi Mansour (Ouled Tebben), Hammam Hama (Boutaleb), Hammam Soukhna. And whose temperature at emergence higher than 25 °C was the object of our work, which consists in carrying out studies of the characteristics of thermal waters from the hydrochemical point of view of the territory of Setif.

The thermal waters of the Sétifian territory have therapeutic properties mainly for Dermatological and Rheumatic diseases.

The exploitation of thermal springs by the constitution of the modern mineral complexes represents an important investment for the sector of tourism and the economy of the country.

Key words: Setifian territory, thermal waters, Hammam, emergence, hydrochemistry, therapeutic, tourism.

TABLE DES MATIERES

Pages

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Contexte général

I. 1. Situation géographique et présentation du territoire Sétifien	2
I. 2. Le relief	2
I. 3. Le climat	3
I. 4. Le réseau hydrographique	3
I. 5. L'Agricultures	5
I. 6. Les ressources minières	5
I. 6.1. Roches pour agrégats (calcaire et Dolomie)	5
I. 6.2. Matériaux de construction	6
I. 6.3. Matériaux à usage industriel	6
I. 6.4. Matériaux à usage chimique	6
I. 7. Le réseau routier	7
I. 8. Le Tourisme	7-8
I. 9. Conclusion	8

Chapitre II : Contexte géologique

II. 1. Introduction	9
II. 2. Aperçu sur la géologie de l'Algérie du Nord	9
II. 2.1. Le domaine interne (Les Kabyliques)	10
II. 2.1.1. Le socle Kabyle	10
II. 2.1.2. La dorsale kabyle ou chaîne calcaire	10
II.2.2. Le domaine des flyschs ou domaine médian	11
II. 2.2.1. Les Flyschs Maurétaniens	12
II. 2.2.2. Les Flyschs Massyliens	12
II. 2.2.3. Les Flyschs Numidiens	12
II. 2.3. Le domaine externe (le Tell)	12
II. 2.3.1. Les nappes telliennes	13
II. 2.3.2. Le domaine de l'avant pays allochtone	14
II.2.3.3. Le domaine de l'avant pays para-autochtone et autochtone	14

II. 2.4. Reconstitution Paléogéographique	15
II.2.4.1. La déposition des groupes de flyschs	15
II. 3. Aperçu sur la géologie local	16
II. 3.1. Les formations quaternaires et néogènes peu ou pas tectonisées	16
II. 3.2. Les Formations Tectonisées	16
II. 3.2.1. Le domaine des Flyschs	16
II. 3.2.2. Les Nappes Telliennes	17
II. 3.2.3. L'ensemble allochtone Sud-sétifien	18
II. 3.2.4. Le Parautochtone et l'Autochtone Hodnéens	18
II. 3.3. Trias Exotique ou Extrusif	21
II. 3.4. Les phases tectoniques	21
II. 3.4.1. La phase atlasique ou fini-lutétienne (l'éocène)	21
II. 3.4.2. La phase du Miocène basal	21
II. 3.4.2.1. La phase Miocène inférieur	21
II. 3.4.2.2. La phase alpine tangentielle tortonienne	21
II. 3.5. Les phases tectoniques mésozoïques	22
II. 3.5.1. La phase du Jurassique supérieur	22
II. 3.5.2. La phase anté sénonienne	22
II. 3.6. Les formations post-nappes	22
II. 3.7. La tectonique récente (une vigoureuse néotectonique)	22
II. 4. Analyse structurale	23
II. 4.1. Les chevauchements	23
II. 4.2. Les failles	23
II. 4.3. Les plis	24
II. 5. Le thermalisme dans son cadre géo-structural	24
II. 6. Conclusion	25

Chapitre III : Contexte géophysique

III. 1. Introduction	26
III. 2. Exploration des ressources en eaux du territoire d'étude	26
III. 3. Principe et base de la mesure par sondage électrique	26
III. 4. Disposition des profils électriques	27
III. 5. Coupes géoélectriques	27
III. 6. Résultat des sondages ou des profils	29

III. 6.1. Zone de Sétif : Djebel Youssef	29
III. 6.2. Zone d'El Eulma et Zone ouest de Sétif	30
III. 6.3. Zone de Tadjenamet	30
III. 6.4. Cartes à isorésistivité en ligne AB = 200 m	31
III. 6.5. Carte à isorésistivité AB = 4000 m	32
III. 7. Conclusion	33

Chapitre IV : Contexte hydroclimatique

IV. 1. Introduction	34
IV. 2. Aperçu générale sur le climat de l'Algérie	34
IV. 3. Climat de secteur d'étude	34
IV. 4. Secteur d'étude et son réseau hydrographique	35
IV. 4.1. Le Bassin versant de Soummam (Bousselem)	35
IV. 4.2. Le Bassin de Côtiers constantinois	35
IV. 4.3. Le Bassin du Kebir-Rhumel	35
IV. 4.4. Le Bassin des Hauts Plateaux	35
IV. 5. Etude des caractéristiques climatiques	37
IV. 5.1. Les précipitations	37
IV. 5.1.1. La pluviométrie moyenne mensuelle interannuelle	37
IV. 5.1.2. Analyse des résultats	37-38
IV. 5.2. Variation saisonnière des précipitations	38
IV. 5.2.1. Analyse des résultats	39
IV. 5.3. Les Températures	39
IV. 5.3.1. La température moyenne mensuelle interannuelle	40
IV. 5.3.2. Discussion	40
IV. 5.4. Type de climat	40
IV. 5.4.1. Indice d'aridité annuel de De.Martonne	40
IV. 5.4.2. Indice d'aridité mensuel	41
IV. 5.4.3. Abaque de De.Martonne	41
IV. 5.4.4. Le quotient pluviométrique annuel de Moral	42
IV. 5.4.5. Courbe ombro-thermique (Gausson et Bagnouls)	43
IV. 5.4.5.1. Discussion	43
IV. 5.5. L'évapotranspiration	43
IV. 5.5.1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)	44

IV. 5.5.1.1. La formule de C.W.Thornthwaite	44
IV. 5.5.2. L'évapotranspiration réelle (ETR)	44
IV. 5.5.2.1. Formule de Turc	44
IV. 5.5.2.2. Formule de Coutagne	45
IV. 5.6. Estimation de l'ETR avec différents méthodes	45
IV. 5.7. Calcul du ruissellement et de l'infiltration	45
IV. 5.8. Bilan hydrologique (hydrique)	46
IV. 5.8.1. Bilan hydrologique de Thornthwaite	46
IV. 5.8.2. Interprétation des données du bilan hydrique	46
IV. 5.8.2.1. Discussion sur le bilan.1	47
IV. 5.8.2.2. Discussion sur le bilan.2	47
IV. 6. Conclusion	47

Chapitre V : Contexte hydrogéologique

V. 1. Introduction	48
V. 2. Systèmes aquifères	48
V. 2.1. Aquifère des carbonates fracturés	48
V. 2.2. Aquifère du mio-plio-quaternaires	48
V. 2.3. Aquifère du Miocène	48
V. 2.4. Aquifère calcaro-dolomitique du Barrémo-Aptien-Cénomanién	48
V. 2.5. Aquifère des dolomies et calcaires du Jurassique	49
V. 3. Piézométrie	49-50
V. 3.1. Evolution de la piézométrie	50
V. 3.2. Variation interannuelle de l'aquifère mio-plio-quaternaire	51
V. 4. Colonnes hydrogéologiques	51
V. 5. Conclusion	52

Chapitre VI : Contexte hydrochimique et crénothérapeutique

VI. 1. Introduction	52
VI.2. Méthodologie	52
VI. 3. Définition et origine des eaux thermales	52
VI. 3.1. Définition	52
VI. 3.2. Origine ou les modes de fonctionnement des systèmes thermaux	53
VI. 4. Répartition géographique et géologiques des sources thermales au territoire Sétifien	53

VI. 4.1. Hammam Dehamcha (HD)	54
VI. 4.2. Hammam Guergour (HG)	54
VI. 4.3. Hammam Ouled Yelles (HY)	54
VI. 4.4. Source Zdim2 (Guellal) (SZ)	54
VI. 4.5. Hammam Douar Ouled Boutara (Guellal) (HDOB)	54
VI. 4.6. Source Douar Kebir (Guidjel) (SDK)	54
VI. 4.7. Hammam Sidi Mansour (Ouled Tebben) (HSM)	54
VI. 4.8. Hammam Hamma (Boutaleb) (HH)	54
VI. 4.9. Hammam Soukhna (HS)	55
VI. 5. Interprétation des résultats d'analyse des eaux thermales étudiées	58
VI. 5.1. Introduction	58
VI. 5.2. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux étudiées	58
VI. 5.2.1. Etude des paramètres physiques	58
VI. 5.2.1.1. Les températures observées (mesurées) (T°)	58-59
VI. 5.2.1.2. Le potentiel hydrogène (pH)	59-60
VI. 5.2.1.3. La Conductivité électrique (σ)	60
VI. 5.2.1.4. La minéralisation	60
VI. 5.2.1.4. Le Titre Hydrotimétrique (TH)	60
VI. 5.2.2. Etude des paramètres chimique	60
VI. 5.2.2.1. Les éléments majeurs	60-61
VI. 5.2.2.2. Les éléments mineurs (traces)	61-62
VI. 5.2.3. Etude des valeurs relatives	62
VI. 5.2.3.1. Indice d'échange de base (i.e.b)	62
VI. 5.2.3.2. Rapports caractéristiques	62-63
VI. 5.3. Interprétation et Représentation des eaux thermales étudiées	63
VI. 5.3.1. Classification chimique des eaux thermales étudiées	63
VI.5.3.1.1. Diagramme de Piper	63-64
VI. 5.3.1.2. Formules caractéristiques (ioniques)	64
VI. 5.3.1.3. Diagramme de Schoeller – Berkloff	64
VI. 5.3.1.4. Diagramme de Stiff	64
VI. 5.3.2. Discussion sur les 03 dernières classifications	65
VI. 5.4. Relation chimique ou origine des éléments chimique	65
VI.5.4.1. Sodium-Chlorure (Na/Cl)	65
VI. 5.4.2. Sulfate-Calcium (SO ₄ /Ca)	65

VI. 5.4.3. Magnésium-Sulfate (Mg/SO ₄)	65
VI. 5.4.4. Conductivité-Dureté (CE/TH)	66
VI. 5.5. Analyse en composantes principales (A.C.P)	66
VI. 5.5.1. Introduction	66
VI. 5.5.2. Application de l'analyse en composantes principales	66
VI. 5.5.2.1. Projection des variables (Matrice de corrélation)	66
VI. 6. Etude thérapeutique des eaux thermales selon la classification chimique	67
VI.6.1. Introduction	67
VI.6.2. Propriété thérapeutique et intérêt médical	67
VI. 6.2.1. L'eau au secours de la peau	67
VI. 6.2.2 Rhumatologie / neurologie	67
VI. 6.2.3. Balnéothérapie	67
VI. 6.2.4. Maladies métabolique (urinaires)	67
VI. 6.2.5. ORL-voies respiratoires	67
VI. 6.2.6. Phlébologie	68
VI. 6.2.7. Irritation des intestins	68
VI. 6.2.8. Obésité et Diabète	68
VI. 6.2.9. Anxiété	68
VI. 6.2.10. Maladies neurologiques	68
VI. 6.2.11. Affections bucco – linguales	68
VI. 6.2.12. Gynécologie	68
VI.6.2.13. Troubles du développement de l'enfant	68
VI. 6.3. La climatothérapie	68
VI. 6.4. Utilisation des eaux thermales pour les affections	68-69
VI. 6.5. Les spécificités thérapeutiques des sources thermales du territoire Sétifien	69-70
VI. 6.5.1. Hammam Dehamcha (HD)	70
VI. 6.5.2. Hammam Guergour (HG)	70
VI. 6.5.3. Hammam Ouled Yelles (HY) et Hammam (HDOB) (Guellal)	70
VI. 6.5.4. Source Zdim2 (Guellal) (SZ) et Source Douar Kebir (Guidjel) (SDK) .	70
VI. 6.5.5. Hammam Sidi Mansour (Ouled Tebben) (HSM)	70
VI. 6.5.6. Hammam Hamma (Boutaleb) (HH) et Hammam Soukhna (HS)	70
VI. 6.6. Conclusion	70
Conclusion générale	71