



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
Université Abbés Laghrour - Khenchela -
Faculté des sciences de la nature et de la vie



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme
De Master Académique
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences Ecologiques
Option: écologie fondamentale et appliquée

Thème :

Analyses chimiques et vertus thérapeutiques
de la source thermo-minérale « Hammam El-
kenif, Khenchela»

Présenté par :

■ Mlle. LAADJEL Karima
■ Mlle. MEKHACHEFI Linda

Encadré par :

Mme. Berkani cherifa

Devant le jury

Président : Mrs. Takouechetradhwane	MCB	Université de Khenchela
Encadreur : mme. Berkani cherife	MCB	Université de Khenchela
Examineur : Mme. LAKHDRI Soumia	MAA	Université de Khenchela

Date de soutenance :

Année : 2020/2021

«ولله ملك السماوات والأرض وما
بينهما»

صدق الله العظيم

(سورة المائدة الآية 17).



Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chère parents ma **mère** et mon **père**

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et

Leur encouragement

A mes **frères** et

Ma très chère **sœur**

A mon mari

A tous mes **amis** et mes **camarades** de près ou de
loin





Dédicace

Je dédie ce travail

ADIEU : qui m'a aidé et m'a guidé le droit chemin

*A la personne que m'importe le plus dans ce monde ma
maman*

*A mon idéal, l'être le plus généreux, mon très cher père
qui m'a encouragé, ma source de force pour tenir
jusqu'au bout.*

A mes très chères frères : Bedraddine, Djaber.

A ma très chère sœur : Imane.

*A mes chères Amies : Wahiba, Abir, Mouna , widad,
Nadjet.*

A tout La famille mekhachefi.



Remerciements

Au nom D'Allah le plus grand merci lui revient de nous avoir guidés vers le droit chemin, de nous avoir aidés tout au long de nos années d'étude et nous aspiré les bons pas et les justes réflexes ... merci beaucoup Allah.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur Berķani Cherifa, Nos remerciements vont au MemeC.Berķani. Notre encadreur, qui à toujours été prêt à m'aider et surtout critiquer et pour l'orientation. Lui adresse nos sincères remerciements et nos profonds respects.

Nos remerciements vont au membre de jury MemeS. Lakħdari et M.R. Takouechet Pour l'intérêt qu'il a prêté à cette mémoire en acceptant de juger ce modeste travail dans le cadre de ce mémoire de master.

Nos remerciements vont à tous les personnes, qui de près ou de loin ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements au chef de laboratoire de biologie MemeChorfiRafika et toute l'équipe du laboratoire pour leur aide et surtout leur gentillesse sans oublier tous les membres de bureau de KellilRachide et au directeur Bouchareb.

Merci à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce travail, et que nous ne pouvons citer individuellement.

Résumé

Le plus vaste pays d'Afrique regorge de richesses naturelles qui le rendent si particulier.

Selon les commissions des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique :

L'Algérie compte plus de 240 sources thermales, qui ont un potentiel énorme pour l'énergie thermique. Ce nombre croît régulièrement quand on se déplace vers l'Est.

Ce mémoire est une contribution à l'étude des caractéristiques physico-chimiques et des vertus thérapeutiques de la source thermale de Hammam El-kenif, située dans la wilaya de Khenchela, Nord-est de l'Algérie.

L'eau thermale est une eau minérale souterraine, naturellement chaude, enrichie en sels minéraux et en oligo-éléments. 95% des établissements thermaux se situent donc en milieu montagnard, où l'eau thermale coule au milieu des roches. Ces eaux sont reconnues pour leurs caractéristiques uniques et leurs vertus.

Selon le diagramme de paiper la source de Hammam El-Kenifest de nature chlorurée sodique, fiable pour la Rhumatologie, les Maladies respiratoires, la Neurologie, les enfants...etc. L'utilisation de ces eaux est par plusieurs techniques : par boisson, utilisations externes, de vapeur ou de gaz, ou utilisation des boues...

Mot clés : Baghai, eaux thermales, vertus thérapeutiques, Analyse physico-chimiques, faciès chimique.

ملخص

أكبر دولة في إفريقيا مليئة بالموارد الطبيعية التي تجعلها مميزة للغاية.

=

240 ينبوعا حراريا، و التي تتمتع بإمكانيات هائلة للطاقة

الحرارية. هذا الرقم ينمو باطراد كلما اتجهنا

نعد هذه المذكرة مساهمة في دراسة الخصائص الفيزيائية و الكيميائية و الفوائد العلاجية للنبع الحراري لحمام الكنيف الواقع بولاية خنشلة شمال شرق الجزائر.

المياه الحرارية هي مياه معدنية جوفية ساخنة بشكل طبيعي، غنية بالأملاح المعدنية 95 من المنشآت الحرارية تقع في بيئة جبلية، حيث

تتدفق المياه الحرارية عبر الصخور. تعرف هذه المياه بخصائصها و فضائلها الفريدة.

حسب مخطط بايبر، فإن مصدر حمام الكنيف هو من طبيعة كلوريد الصوديوم، و يمكن الاعتماد عليه في أمراض الروماتيزم و أمراض الجهاز التنفسي، الأعصاب، و

... يتم استخدام هذه المياه من خلال عدة تقنيات عن طريق الشرب،

الاستخدامات الخارجية، و البخار أو الغاز،

كلمات مفتاحية = بغاي، مياه حرارية، مزايا علاجية، تحليل فيزيوكيميائي، سمات كيميائية.

Table des matières

DEDICACE

REMERCIEMENT

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Introduction générale

INTRODUCTION.....

Partie théorique

Chapitre 01 : Généralité sur les eaux thermales

. Généralité sur les eaux thermales	04
.1 Introduction	04
.2. Historique	04
.3. Définition de la thermalité	05
.4. Eau thermale	05
.4.1. Etymologie	05
.4.2. Définitions	05
.5. Classifications des eaux thermales	06
I.5.1. Selon leur température d'émergence	07
I.5.1.a. Eaux hypothermales	07
I.5.1.b. Eaux métriothermales	07
I.5.1.c. Eaux mésothermales	07
I.5.1.d. Eaux hyperthermales	07
I.5.2. Selon la minéralisation	07
I.5.2.a. Eaux biocarbonatées	08
I.5.2.b. Eaux chlorurées sodiques	08
I.5.2.c. Eaux sulfatées	08
I.5.2.d. Eaux sulfurées	08
I.6. Les principales propriétés de l'eau thermale	09
I.7. Les bienfaits des eaux thermales	09
I.8. L'hydrothermalisme	10
I.8. L'hydrothermalisme et le magmatisme	10
I.8.2. L'hydrothermalisme et la géothermie	11
I.9. Les causes de la thermalité	11

I.9.1. Les réactions chimiques exothermiques	12
La définition	12
I.9.2. La désintégration des minéraux radioactifs	12
I.9.3. Le gradient géothermique	12
I.9.4. Les mouvements de l'écorce terrestre	13

Chapitre 02 : Présentation de la zone d'étude

. Introduction	14
.1. Historique	14
.2. Cadre de l'étude	14
.2.1. Présentation de la zone d'étude	14
.2.2. La géographie	15
.2.3. Limite administrative	16
.2.4. Cordonnées géographiques de Baghaï	17
.2.5. Population	17
Population globale de la commune	17
.2.6. Etude du milieu physique et naturel	18
.2.6.a. Relief	18
a) Les pentes	19
.2.7. Hydrographie	20
.2.8. Réseau Hydrographique	21
a) Le réseau d'alimentation en eau potable	21
b) Le réseau d'assainissement des eaux usées et pluviales	21
.2.9. Développement agricole	22
.2.10. L'élevage	23
.2.11. Situation économique	24
.3. Présentation de Hammam e El-Kenif	25
.3.1. Localisation et description de Hammam El-kenif	25
.3.2. La station thermale Hammam El-kenif	26

Partie Pratique

Chapitre 03 : l'étude hydroclimatique

.1. Introduction	28
.2. La température	28
.3. La pluviométrie	30
.4. L'humidité	31

.5. Synthèse climatique	32
.5.1. Diagramme ombrothermique de Gausson de la région de Khenchela	32
.5.2. Climagramme d'Emberger de la région de Khenchela	32
.6. Le bilan hydrique.....	34
.7. Conclusion	35

Chapitre 04 : Matériel et Méthodes

4.1 Introduction	36
4.2 Échantillonnage et prélèvement	36
4.2.1 Les étapes de l'échantillonnage	36
4.2.1.1 Préparation du matériel	36
4.2.1.2 Calibrage des appareils	36
4.2.1.3 Prélèvement des échantillons	36
4.2.1.4 Conservation des échantillons	37
4.3. Mesure in situ : Paramètres physiques	38
4.3.1. Mesure de la température	38
4.3.2. Mesure du pH	39
4.3.3. Mesure de la conductivité électrique	39
4.3.4. Mesure du total des solides dissous (TDS) et la salinité (SAL)	40
4.5. Analyse au laboratoire : les Paramètres chimiques	41
4.6. Interprétation des résultats	42
4.6.1. Origine et variation des éléments majeurs	42
• Le calcium	42
• Le magnésium	42
• Le sodium	42
• Le potassium	43
• Les chlorures	43
• Les sulfates	43
• Les bicarbonates	43
4.7. Faciès chimique	43
4.7.1. Diagramme de piper	43

Chapitre 05 : Vertus thérapeutiques

V. Introduction	45
V.1. Historique.....	45

V.2. L'évaluation de thermalisme	46
V.3. Risque d'une cure thermale	47
V.4. Les indications positives de cures thermales	47
V.5. Bénéfices attendus d'une cure thermale	47
V.6. Contre-indications	48
V.7. Les techniques des soins thermaux	48
V.7.1. Les boues thermales	48
V.7.2. Les bains thermaux	49
V.7.3. Le bain avec douche en immersion	49
V.7.4. Le bain avec douche sous-marine	49
V.7.5. Le bain local	50
V.8. Compositions des boues thermales	50
V.8.1. Composition chimique	50
V.8.2. Composition biologique	51
Conclusion générale	53

Liste des tableaux

Tableau 01	Classification des eaux thermales en fonction de leur minéralisation ...	07
Tableau 02	Évaluation démographique (1987-1998-2004-2019)	17
Tableau 03	Coordonnées des principales composantes de Hammam El-kenif	25
Tableau 04	Nomenclature des stations	28
Tableau 05	Evolution de la température mensuelle de la région d'étude	29
Tableau 06	Répartition des précipitations mensuelles et saisonnières	30
Tableau 07	La variation des valeurs de l'humidité moyenne mensuelle de la région d'étude	31
Tableau 08	Bilan hydrologique moyen à la station d'El Hamma	34
Tableau 09	Classification des eaux d'après leur pH	39
Tableau 10	Les valeurs des paramètres physiques	41
Tableau 11	Analyse chimique en éléments majeures	41
Tableau 12	Méthodes et laboratoires d'analyse des éléments chimiques	42

Liste des Figures

Figure 01	Source thermale	06
Figure02	Modèle de circulation des fluides au sein d'un système hydrothermal d'un volcan actif	11
Figure 03	Situation géographique de la zone d'étude	15
Figure 04	Localisation de la commune de Baghaï image stellite	16
Figure 05	Carte du relief de la commune de Baghaï	19
Figure 06	Les pentes de la commune Baghaï	20
Figure 07	Localisation de Hammam El-kenif	25
Figure 08	Carte géologique de Hammam El-kenif ,khenchela	26
Figure 09	Coupes structurale composite dj.kenif-chettaia sud	27
Figure 10	Courbe d'évolution destempératures mensuelles de la zone d'étude	29
Figure 11	Précipitations mensuelles moyennesde la région d'étude pour20 ans	30
Figure 12	Variation de l'humidité moyenne mensuelle de la région d'étude (20 ans)	31
Figure 13	Diagramme omrothermique de Gaussen de la région d'étude	32
Figure 14	Classification de l'étage bioclimatique de la région de d'étude Climagramme	33
Figure 15	Représentation graphique du facies chimique des eaux de Hammam El Kenif	44
Figure 16	Application locale de boues thermales (Eau thermale + Montmorillonite)	49
Figure 17	Le bain local	50

Liste des photographies

Photographie 01.	La température de la source de Hammam El-kenif ..	38
Photographie 02.	La Salinité de Hammame El-kenif.....	40
Photographie 03.	TDS de Hammam El-kenif.....	40
Photographie 04.	la source de Hammam El-kenif.....	49

Introduction générale

Introduction générale

Chaque eau a une composition unique et particulière en fonction de la région où se situe la source. Elles sont toutes minérales, leurs propriétés sont différentes. Ainsi on distingue les eaux sulfurées.

Il est intéressant de savoir qu'en 1823 les premières études scientifiques sont effectuées sur le thermalisme en Algérie et que fut mise en place la première réglementation en vigueur portant sur des données médicales précises.

L'eau thermale est une eau minérale souterraine, naturellement chaude, enrichie en sels minéraux et en oligo-éléments. La majorité des établissements thermaux se situent en milieu montagnard, où l'eau thermale coule au milieu des roches. Ces eaux sont reconnues pour leurs caractéristiques uniques et leurs vertus.

L'étude des vertus des eaux thermo-minérales est basée sur des diverses disciplines scientifiques (géologie, biologie, chimie, économie, physique....)

L'objectif de cette étude est de caractériser les paramètres physico-chimiques des eaux thermo-minérales de Hammam Essalihine pour montrer les vertus thérapeutiques très importants de ces eaux.

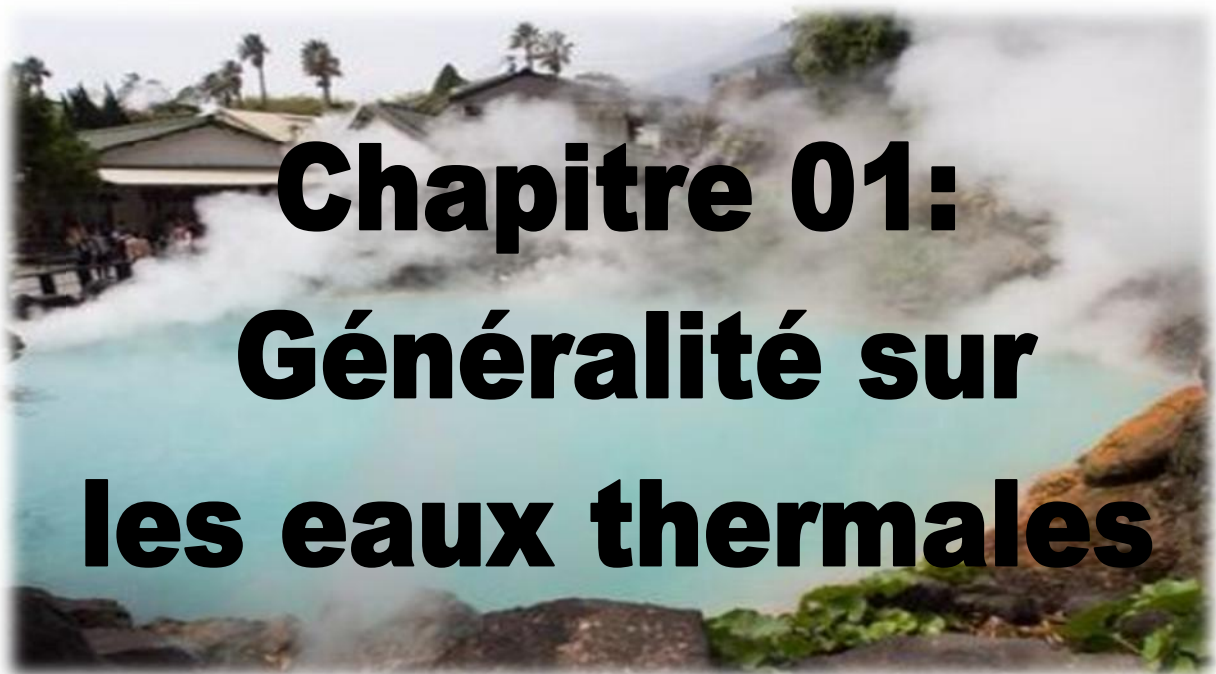
Les caractéristiques Hydrochimiques sont d'un très grand intérêt, dans l'explication des caractéristiques thérapeutiques des eaux de Hammam Essalihine.

Le premier chapitre consiste à présenter la zone d'étude.

Le deuxième chapitre traitera la partie climatique, Nous avons qualifié le climat de la région en fonction des paramètres climatiques, à savoir les précipitations, la température et l'évapotranspiration, et enfin d'établir le bilan hydrique.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude de l'Hydrochimie des eaux thermo-minérales de Hammam Essalihine. Cette partie reposera sur les résultats des différentes analyses chimiques des points d'eau concernés. L'interprétation et l'exploitation des données d'analyses chimiques pour identifier le faciès chimique des eaux et remonter aux sels dissous responsables de la minéralisation des eaux.

Le dernier chapitre explique Les Vertus Thérapeutiques l'utilisation thérapeutique des propriétés de certaines eaux minérales thermales pour guérir ou soulager des personnes souffrant d'affections diverses.



Chapitre 01: Généralité sur les eaux thermales

. Généralités sur les eaux thermales

.1 Introduction

L'Algérie est riche en ressources naturelles particulièrement l'eau minérale thermique.

Le site de Hammam El-kenif est l'un des sites les plus réputés par qualité curative de cette eau minérale dont la composition est jugée très utile pour le traitement de nombreuses maladies .Et cela est du à la présence de plusieurs éléments chimiques utiles.

La station thermique : est un lieu aménagé pour bénéficier les eaux thermales à des fins thérapeutiques. Elle a pour objectif de soulager les douleurs, réduire le taux de consommation de médicaments.

L'objectif de ce chapitre est de caractériser ces eaux.

Pour étudier la physico-chimie des eaux, il est nécessaire de faire :

L'étude de la thermalité : Définition, Classification thermique, et Origine de la thermalité des eaux de Hammam El-kenif;

L'étude de la chimie : représentations graphiques des faciès chimiques. (**M. MOHAMEDI ; 2012**).

.2. Historique

L'homme porte un intérêt particulier aux sources thermo-minérales depuis des millénaires Les traces retrouvées dans les stations thermales remontent à l'époque romaine. (**S.Osmani ; 2012**).

En effet les romains accordaient une importance très particulière aux sources thermales, très Souvent ils construisirent leurs sites autour de ces sources.

Dans les thermes il ya quatre sections : l'entrée, une pièce à l'eau tiède, une à l'eau chaud et l'autre à l'eau froide. Les sources thermales furent aussi bien exploitées par les arabes mais sans en faire un cadre de vie comme les romains.

Pendant l'époque coloniale les français construisirent des hôpitaux thermaux autour des sources pour y soigner les blessés et convalescents.

Dans les années 1960 à 1980, les études sur les sources thermales tentent de mettre en relation la nature de la source avec le contexte géologique.

Dans les années 1990, la nature et la répartition des sources thermales sont analysées à l'échelle de nombreux pays, en Espagne, En Slovaquie, au Canada, et en Russie

Aujourd'hui comme dans le passé les stations thermales sont très sollicitées par les algériens pour divers traitements d'ordre rhumatologique, dermatologique et psychiatre.

(**S. Ouali ; 2008**).

.3. Définition de la thermalité

Différentes définitions ont été données pour une eau thermale :

La définition de Schoeller : considère comme thermales les eaux dont la température à l'émergence est supérieure à la température moyenne annuelle de l'air de la région (plus de 4°C) (Schoeller, 1962).

Il est important de signaler que la température mesurée à l'émergence n'est pas forcément représentative de la température réelle de la source, un refroidissement des eaux thermales se produit au cours de leur remontée vers la surface par dégazage, échanges thermiques avec les parois du circuit hydrothermal, ou par mélange avec les eaux froides en surface ou en profondeur (Athemena, 2006).

.4. Eau thermale

.4.1. Etymologies

Syntagme (nom + déterminant adj.) d'usage fréquent. L'adjectif thermal (dérivé de thermae, du grec thermos, chaud) est attesté en 1625 (Duchesne), d'après le Dict. de Castany et Margat (p. 205).

Eaux thermales est attesté en 1735, dans la traduction française de la Géographie physique de l'anglais Woodward, p.86. REM. Thermalité, 1832.

.4.2 Définitions

Une eau thermale est tout d'abord une eau minérale naturelle, provenant d'une source profonde. Cette eau est extraite après plusieurs années de circulation entre les roches. C'est ainsi qu'elle se charge en sels minéraux et oligo-éléments, c'est-à-dire une eau possédant un ensemble de caractéristiques qui sont de nature à lui apporter des propriétés favorables à la santé. Elle contient des minéraux, sels et gaz susceptible d'agir efficacement sur la santé. L'eau minérale naturelle provient d'une nappe ou d'un gisement souterrain exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, et témoigne.

Une eau thermale est, par définition, une eau minérale chaude. Dans le langage courant, on appelle « eau thermale » toute eau minérale dotée de propriétés thérapeutiques et utilisée au soin d'un établissement thermale (Geze, 2006). (M. Amran ; 2018).

Les eaux thermales sont des eaux captées à partir d'une émergence naturelle ou d'un forage qui, en raison de la nature spécial de leurs principes, de la stabilité de leurs caractéristiques physiques et de leur composition chimiques, peuvent avoir des propriétés thérapeutiques.

Les eaux marines qui, après traitement et apports, peuvent avoir des propriétés thérapeutiques sont considérées comme des eaux thermales et sont soumises aux dispositions du présent décret.

Ne sont pas soumises aux dispositions du présent décret les autres eaux destinées à la consommation humaine.

Est considéré comme établissement thermale tout établissement utilisant l'eau thermale et ses dérivés à des fins thérapeutiques et de remise en forme.

Est considéré comme établissement de thalassothérapie tout établissement qui utilise l'eau de mer et les produits naturels extraits de la mer.

.5. Classification des eaux thermales

L'eau thermale provient des profondeurs de la terre, ce qui explique sa thermalité naturelle et sa composition chimique particulière. En effet la nature des roches qui traversent par l'eau dans le processus souterrain rend l'eau plus ou moins puissante en cet élément chimique. La chaleur générée par l'échange eau /roche et le temps de contact entre l'eau et la roche sont également importants dans la minéralisation de l'eau thermale.

On classe les eaux minérales en fonction de :



Figure.1. Source thermale. ©boysiti- Fotolia.com

.5.1. Selon la température d'émergence

On distingue les eaux thermales de basse température et les eaux thermales de haute température. D'après Issaâdi, les eaux thermales sont classées selon leur température d'émergence en quatre classes :

.5.1.a. Eaux hypothermales

Ce sont des eaux dont la température à l'émergence est inférieure à celle de la partie supérieure de la zone d'homothermie ou à la température moyenne interannuelle du lieu d'émergence plus 4°C.

.5.1.b. Eaux métriothermales

Ce sont des eaux dont la température à l'émergence est inférieure à 30°C mais supérieure à celle des eaux hypothermales.

.5.1.c Eaux mésothermales

Ce sont des eaux dont la température à l'émergence est entre 30°C et 50°C.

.5.1.d. Eaux hyperthermales

Ce sont des eaux dont la température à l'émergence est supérieure à 50 °C et inférieure à 100°C. Ces températures élevées témoignent une origine profonde de ces eaux (A. Issaâdi, 1992).

.5.2. Selon la minéralisation

La minéralisation des eaux thermales est déterminée surtout par la nature chimique et minéralogique des sédiments qu'elles traversent et, accessoirement, par la vitesse de Circulation souterraine. En se basant sur l'importance de tel ou tel sel minéralisateur, on distingue, des sources bicarbonatées, chlorurées sodiques, sulfatées, sulfurées, etc. Chaque type est connu par des vertus curatives particulières (Guigue, 1940).

Tableau1. Classification des eaux thermales en fonction de leur minéralisation ;
(schwenke, 2007).

Eau	Teneur en sels minéraux
Très faiblement minéralisé	< 50 mg/l
Faiblement minéralisé = Oligo-minérale	50 mg/l < (c) < 500mg/l
Moyennement minéralisée	500mg/l < (c) < 1000mg/l
Minéralisée	1000mg/l <(c)<1500mg/l
Fortement minéralisée	>1500mg/l

.5.2.a. Eaux bicarbonatées

Ce sont des eaux souterraines au pH acide et présentent une forte concentration en bicarbonates. On distingue :

- Les eaux bicarbonatées sodiques.
- Bicarbonatées calciques.

Ce type d'eaux facilite le traitement des différentes brûlures (exemple Hammam Abou Hanifa, Mascara) (**Dib, 2008**).

.5.2.b. Eaux chlorurées sodiques

Les eaux thermales chlorurées contiennent du chlorure de sodium. Elles sont indiquées dans le traitement des troubles du développement, mais également en cas l'énurésie (exemple Hammam Essalhine, Khenchela) (**B. Houha, 1996**).

Les stations thermales dont les eaux sont chlorurées, rendre dans le nord des Pyrénées, les Alpes, le jura et la Savoie.

.5.2.c. Eaux sulfatées

Présentent une forte teneur en soufre associés avec principalement des ions calcium, magnésium ou sodium, Elles sont donc appelées eaux sulfatées calciques, les eaux sulfatées sodique et magnésiennes. Elles sont utilisées pour le traitement des affections rhumatismales chronique (exemple Hammam Belhachani et Hammam Ouled Ali, Guelma), (**Dib, 2008**). Elles s'avèrent très efficaces contre l'eczéma ainsi que pour soigner les cicatrices de brulures.

Lorsqu'elles contiennent uniquement du calcium, elles sont efficaces pour soigner certaines maladies métaboliques. (**Guide-piscine.fr**).

.5.2.d. Eaux sulfurées

L'élément soufre est l'anion majoritaire de ces eaux sous différentes formes, Celles qui contiennent de l'hydrogène sulfureux sont caractérisées par une odeur d'œufs pourris. Cependant, on diffère :

➤ Les eaux sulfurées sodiques

Elles sont faiblement minéralisées (extrait sec <400mg/L), chaudes (30°C – 65°C), alcalines (pH entre 8-10) et contiennent des sulfures, du sodium, de la silice et du fluor en grande quantité. (**A. Froger ; 2018**).

➤ Les eaux sulfurées calciques

Qui sont prescrites pour le traitement des voies ORL (exemple Hammam Dbegh, Guelma) (**Guigue, 1940**).

Les stations thermales dont les eaux sont sulfurées se situent essentiellement dans la zone axiale des Pyrénées.

.6. Les principales propriétés de l'eau thermale

L'eau thermale a des propriétés anti-inflammatoires, apaisantes, purifiantes et antioxydantes (selon ses origines) est peut être utilisée en cosmétique et en dermatologie pour traiter les peaux sensibles, atopiques, et sèches. Mais son champ d'action ne se limite pas à l'épiderme. L'eau thermale est également utilisée depuis des milliers d'années pour soulager d'autres maladies. La sécurité sociale reconnaît douze domaines d'action :

Rhumatologie

Voies respiratoires

Appareil digestif

Phlébologie

Dermatologie

Etats psychosomatiques

Maladies cardiovasculaires

Appareils urinaire

Neurologie

Gynécologie

Affections des muqueuses bucco-linguales

Troubles du développement de l'enfant

.7. Les bienfaits des eaux thermales

De manière générale, ces eaux pures et filtrées par la nature hydratent, apaisent et protègent l'épiderme. Utilisées seules ou ajoutées à un soin cosmétique, elles promettent d'accélérer le processus de réparation de la peau, de faciliter la cicatrisation et de diminuer les inflammations et les démangeaisons. Elles ont également des vertus décongestionnantes, calmantes et anti radicalaires.

L'eau d'Avène, faiblement minéralisée (avec un apport équilibré en calcium et en magnésium) et riche en silicates, se distingue par ses vertus anti-inflammatoires.

L'eau thermale d'Uriage, très minéralisée et isotonique (sa composition en minéraux est comparable à celle des autres liquides du corps humain), permet de renforcer la barrière cutanée.

L'eau des sources de la Roche-posay, qui renferme du sélénium (un minéral protecteur du métabolisme cellulaire), offre de puissantes propriétés antioxydants. L'eau extraite des

sources de vichy mise sur une concentration constante en 15 minéraux pour équilibrer le pH de la peau. Quant à biotherm, son plancton thermal, un micro-organisme gorgé de 35 nutriments, contribue à décupler les défenses naturelles de la peau.

(K. Goma ; 2014).

.8. L'hydrothermalisme

L'énergie hydrothermale : un vaste sujet, le terme hydrothermal recouvre tous les phénomènes qui relient la circulation de l'eau à son réchauffement. Bien qu'il n'y ait pas de définition précise, on peut considérer que cela inclut trois thèmes de recherche principaux : L'hydrothermie comme manifestation du magma, l'énergie géothermique et enfin les sources thermales exploitées par les thermes. (Paulick et al. 2006).

.8.1 L'hydrothermalisme et le magmatisme

Les études des phénomènes hydrothermaux au niveau des bords de l'océan se concentrent principalement sur les interactions roche-liquide au niveau des fumeurs noirs (Paulick et al. 2006) ou au fond du basaltique (Bodeř et al. 2006). Ces zones retiennent également l'attention en tant que site des premières formes de vie sur terre (Li et Kusky, 2007).

La figure 2 montre un exemple du fonctionnement des systèmes thermiques dans le contexte de l'activité volcanique active (finizola, 2002).

En lien avec cette thématique, on peut citer l'étude des fentes ou veines minérales. En effet, les déformations tectoniques affectant les massifs cristallins mènent souvent au développement de circulations de fluides hydrothermaux anciens comme dans le massif du mont blanc (Rossi et al, 2005).

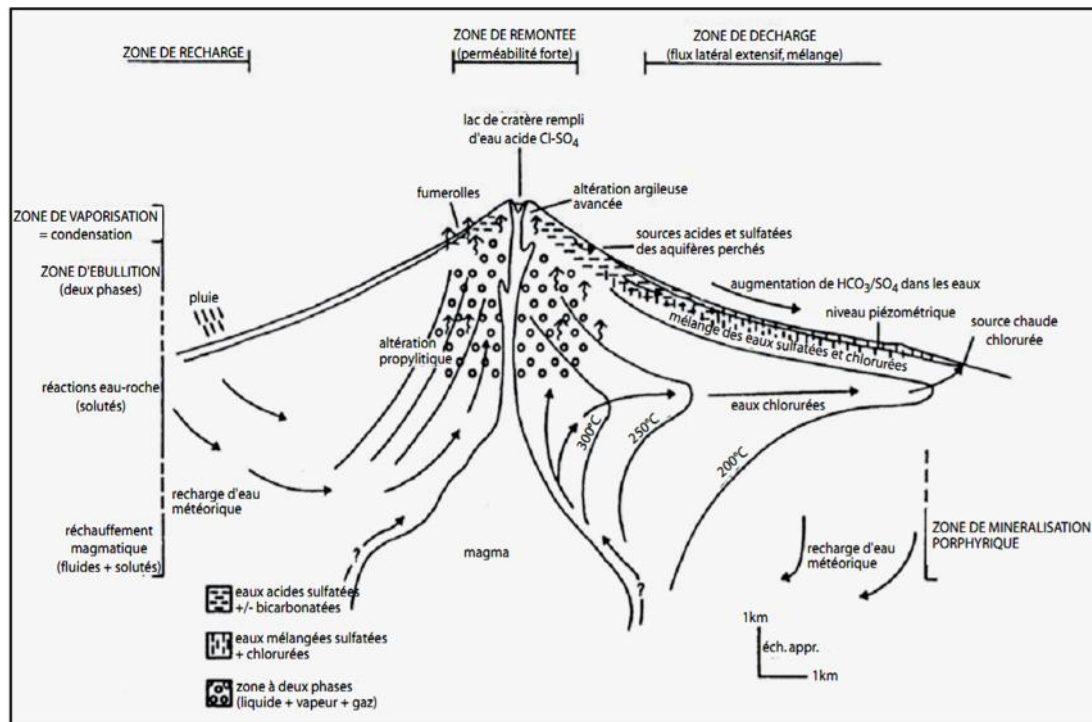


Figure 2. Modèle de circulation des fluides au sein d'un système hydrothermal d'un volcan actif (Finizola ; 2002).

.8.2. L'hydrothermalisme et la géothermie

L'énergie géothermique apparaît comme une part non négligeable de l'avenir énergétique de la planète. En simplifiant, l'exploitation de cette énergie consiste à injecter de l'eau dans un forage profond et à la récupérer chaude par un autre forage. L'implantation de telles infrastructures doit se dans les zones à fort gradient géothermique. (Bertani ; 2005) dresse un bilan des ressources géothermiques mondiales.

Les philippines apparaissent comme le plus gros producteur d'énergie géothermique avec 9253 GWh/an en 2003 soit 19,1 % de la production d'énergie nationale. La principale ressource d'énergie géothermique française est représentée par la zone géothermale de bouillante en Guadeloupe (traîneau et al, 1997) mais les recherches se tournent actuellement vers les ressources des autres départements d'outre mer (Gentre et traîneau, 2004). En métropole, le site de Soultz-Sous-Forêts sert de site atelier pour développer l'exploitation de ce type d'énergie (Gérard et al ; 2006).

.9. Les causes de la thermalité

La température parfois élevée de l'eau minérale thermique dépend de plusieurs facteurs successifs :

Les réactions chimiques exothermiques,

La désintégration des minéraux radioactifs,

*Le gradient géothermique,

*Les mouvements de l'écorce terrestre,

.9.1. Les réactions chimiques exothermiques

La définition

Une réaction exothermique est une réaction qui dégage de l'énergie ce qui, par conséquent, augmente le degré énergétique du milieu environnant.

Lorsqu'une réaction chimique dégage de la chaleur dans un milieu, la température de ce milieu augmente. La température finale de la réaction est donc plus élevée que la température initiale. (Reçois toutes les infos et astuces d'Allo prof par courriel).

Il ya 03 éléments nécessaires à une réaction exothermiques :

* un combustible : est le matériau qui brule(le bois par exemple).

* un comburant : est un produit chimique, en générale l'oxygène, qui se combine au combustible en l'oxydant.

* la chaleur (énergie d'activation).(<http://www.quebecscience.qc.ca>).consulté le:20-05-2021

.9.2. La désintégration des minéraux radioactifs :

La concentration de ces objets apparait a priori plus importante dans les couches superficielles de ce flux de chaleur. Ce flux de chaleur est suffisant pour chauffer une grande partie du flux aquifère adjacent et doit être pris en compte pour l'interprétation de la chaleur. La désintégration des corps radioactifs dégage de la chaleur en permanence. Par exemple, un gramme de radium, en équilibre avec ses produits de décomposition dégage 137 calories/heure (DIB ; 2008)

.9.3. Le gradient géothermique :

C'est la variation de température en fonction de la profondeur, En moyenne, la température en augmente. de 3°C tous les 100 mètres dans la croute continentale mais la valeur du gradient géothermique varie beaucoup en fonction des zones terrestres :

Il est plus faible dans l'asthénosphère, le manteau inférieur et le noyau supérieur il est fort dans la lithosphère, la couche limite entre manteau et noyau ainsi que dans le noyau interne. Pour l'Algérie septentrionale, P.Verdeil admet pour le flux une valeur moyenne calculée par la formule :

$$F = (5,4428 \pm 0,4187). 106- j/cm2/s$$

D'après Mme Dib on a:

Dans la région du Hammam Meskhoutine le gradient géothermique est variable entre

1°C pour 16 m et 1°C pour 7 m.

La région de Guelma est sans doute une zone prometteuse sur le plan de l'énergie géothermique. (H. DIB ; 2008).

.9.4. Les mouvements de l'écorce terrestre

Dans la croûte terrestre, les mouvements sont multiples et multiformes, et les distorsions telles que les renflements et les failles soulèvent le magma entourant les couches sédimentaires, voire des circuits hydrothermaux.

Les volcans, entre autres, jouent un rôle important dans le réchauffement de l'eau, et le gradient géothermique dans les régions volcaniques est de 1° pour 10 m à 15 m. Ainsi, Certains circuits peuvent gagner une certaine température. Mais nous savons que les centres volcaniques actuels ou récents expirent de grandes quantités d'eaux extrêmement chaudes. Ainsi, on peut supposer que dans le cas de certaines source à température élevées pour lesquelles l'explication du gradient est encore insuffisante ce sont ces eaux juvéniles qui, en les mélangeant avec de l'eau dosée par thermosiphon, conduit à une augmentation de la température de cette eau de la température de cette eau (origine mélangée) (H. DIB. 2008).



Chapitre II

Présentation
de la zone d'étude

II. Introduction

Il est indispensable d'étudier le cadre géologique, géomorphologique et structurel pour avoir des idées approfondies sur la nature du terrain afin de comprendre la relation qui existe entre la géologie et les faciès chimiques des eaux thermales de Hammam El-kenif et d'un autre côté de comprendre le pouvoir thérapeutique de ces eaux.

.1. Historique

La municipalité de Baghaï était considérée comme une colonie romaine dans le nom de palais de Baghaï, qui est loin du centre-ville 2 km. Les reliques montrent l'ancienne gloire. Baghaï a été fondée au 2ème siècle après JC, c'était un endroit important dans le sud avec une ville tabna, le bastion du dynamisme (fanatiques chrétiens), qui a été capturé par les byzantins sous le règne de Salomon.

La prêtresse l'a utilisé comme tremplin pour sa résistance à la conquête islamique, car elle est décédée en 702 après JC, et elle a également été un centre de sa résistance à la conquête islamique.

C'était aussi un centre fort pour la majorité, puis les zirides, et il est resté prospère jusqu'au 11ème siècle, et certains effets sont encore visibles tels que palais enterrés dans le palais de Baghaï.

La municipalité de Baghaï est l'un des plus anciens centres nommés en 1912 après JC, à savoir elle fut nommée d'après le nom d'une des filles de la prêtresse depuis 1913 par décision administrative, puis elle prit le nom d'auguste.

Ses habitants sont les quatre, donc l'ancien quartier est la prêtresse, enterrée à 2 km de Baghaï, la chose qu'il donne la zone a une dimension archéologique historique.

.2.Cadre de l'étude

.2.1. Présentation de la zone d'étude

Baghaï est une ville et une commune de la province de kenchela, en Algérie. Il est situé à 35° 30 59.99 N 7° 06 60.00 E. selon le recensement de 1998, elle compte une population de 6414 habitants. (B. Berghout ; 2020).

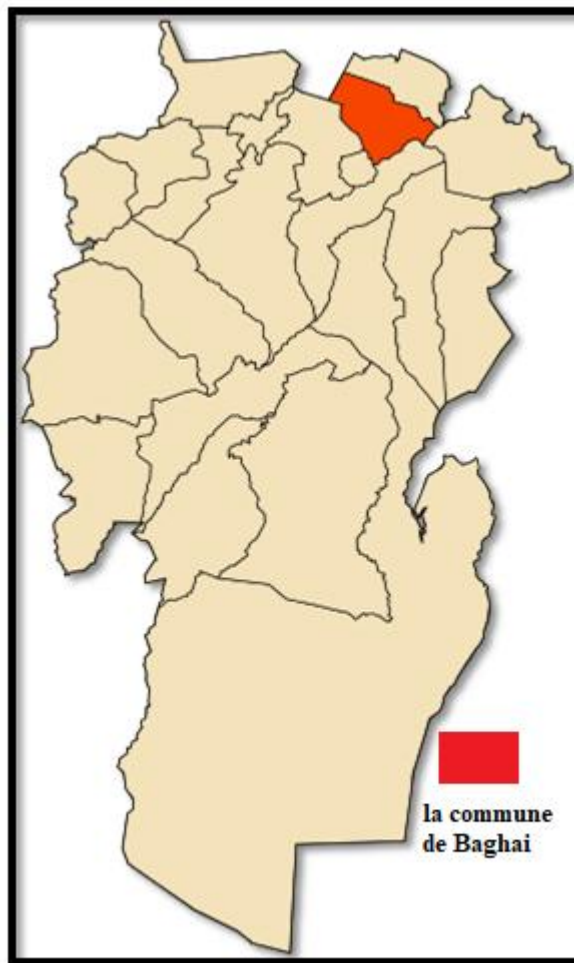


Figure.3. Situation géographique de la zone d'étude.

.2.2. La géographie

Le territoire de la commune de Baghāi est situé géographique au nord-est de la wilaya de khenchela, à une distance de 11 km du chef-lieu de daïra de khenchela, à 10km du matousa ;

Ce dernier territoire est à distance par rapport aux mechtas de :

02 km de KSAR BAGHAI.

2.7 Km d'OUM LEHDOUME.

04 km de FIEDH HERIZ.

02 km de HIMER.

0.20 Km de ZOUAHER.

16 km de HAMMAM EL KENIF.

La commune de Baghāi s'étale sur une superficie d'environ 13 584 hectares, elle représente l'une des plus petites communes de la wilaya de khenchela en termes de superficie et population.

.2.3. Limite administrative

La commune de Baghaï est limitée administrativement comme suit :

Au Nord : par commune la M'toussa

Est : par Ain Touilla.

A L'Ouest : par la commune de Ain zitoune.

Au Sud : par la communes de el Hama et khenchela.

Nord-est : M'toussa.

Nord-ouest : par la wilaya d'Oum El-Bouaghi.

Sud-est : par Ensigna.

Sud-ouest : par khenchela.

Depuis sa promotion au rang de commune, Baghaï a toujours été constituée d'un chef-lieu de la commune et zones éparés.

.2.4 .Coordonnées géographiques de baghaï

Latitude : 35.5219, **Longitude** : 7.11433

35° 31' 19'' Nord, 7° 6' 52'' Est.

Altitude : 886 m.

Climat : semi-aride sec et froid.



Figure.4. Localisation de la commune de Baghaï image stellite ; (Google earth, 13-05-2021)

.2.5.Population

Tout politique de développement au national, régional, communal, doit prendre en considération toutes les variables démographiques, car l'homme ou le facteur humain reste l'élément central de toute planification que ce soit dans les domaines productions, occupations et modification de l'espace géographique.

Population globale des la commune

La connaissance assez précise de la situation démographique est fondamentale dans la prise en charge des besoins sociaux de la population, dont le but de chercher l'équilibre socio spatial. L'accroissement de la population est représenté par un taux global moyen annuel calculé sur la base de la formule suivante :

$$T = \left(\sqrt{\frac{P1}{P0}} - 1 \right)$$

T : est le taux global moyen annuel.

Po : est la population de départ (la population de 2004).

P1 : est la population d'arrivée (soit la population actuelle celle de 2020) ;

N : est le nombre d'années écoulées entre 0 et 1 soit entre 2004 et 2020.

La population globale de la commune de Baghaï par dispersion a été actualisée à l'an 2019 sur la base :

Des résultats issus des tableaux récapitulatifs communaux ;

Une extrapolation à l'an 2004 ;

Par une analyse de l'évolution démographique enregistrée pendant la période intercensitaire 1987-2019.

Tableau.2. Evaluation démographique (1987-1998-2004-2019) (DPAT khenchela)

Localité	Population						Pop add
	1987	1998	Pop add	2004	Taux d'acc	2019	
Commune	5206	6438	1273	6593	0.003	8400	1807

De la lecture du tableau précédent, on peut conclure que la commune de Baghaï durant la période (1987 et 2004) se caractérise par un accroissement ralenti de la population, cette baisse importante est due à la diminution des flux massifs d'immigrés vers cette commune ainsi en raison du manque des équipements sanitaires et d'une maternité, il est impératif que les citoyens enregistrent leurs naissances dans les lieux de leur naissance, c'est-à-dire que l'hôpital est disponible, donc le résultat est minime.

Le taux d'accroissement communal observé est de l'ordre de 0.003%, il est moins même que celui du taux naturel 3.08% et un solde migratoire négatif ce qui explique la répulsivité de cette commune par rapport à d'autres communes de la wilaya. Cette répulsivité est expliquée par l'absence totale d'un développement ou d'une politique économique efficace pour faire sortir cette localité de son sous-équipement. Par un certain nombre d'indicateurs nationaux donc les plus importants sont :

L'adhésion à la planification familiale.

Le mariage tardif dont résulte une fécondité réduite, et une pratique élevée de la contraception moderne (prédominante dans les wilayas du nord du pays).

Les progrès de la scolarisation et son allongement surtout pour les femmes ce qui modifie leur perception de la reproduction. (B.berghout ; 2020)

.2.6 Etude du milieu physique et naturel

a) Relief

Le site de la commune de Baghaï présente des spécificités et des caractéristiques spéciales, en effet la plus grande partie du territoire communal constituée des plaines ou des terrains plats, il se distingue par deux unités physiques :

Les plaines : ce sont des surfaces horizontales avec une altitude régulière d'environ 900 m occupant la partie sud, et 850 m du côté nord avec une couverture végétale qui se compose de l'agriculture saisonnière tel que : céréales, légumes..., tandis en été l'aspect général apparaît comme aride.

Chaîne montagneuse : de haute altitude, qui varie entre 1000 m et 1224 m, au niveau de djebel kenif qui atteint les 1224 m et djebel krouma 1171 m.

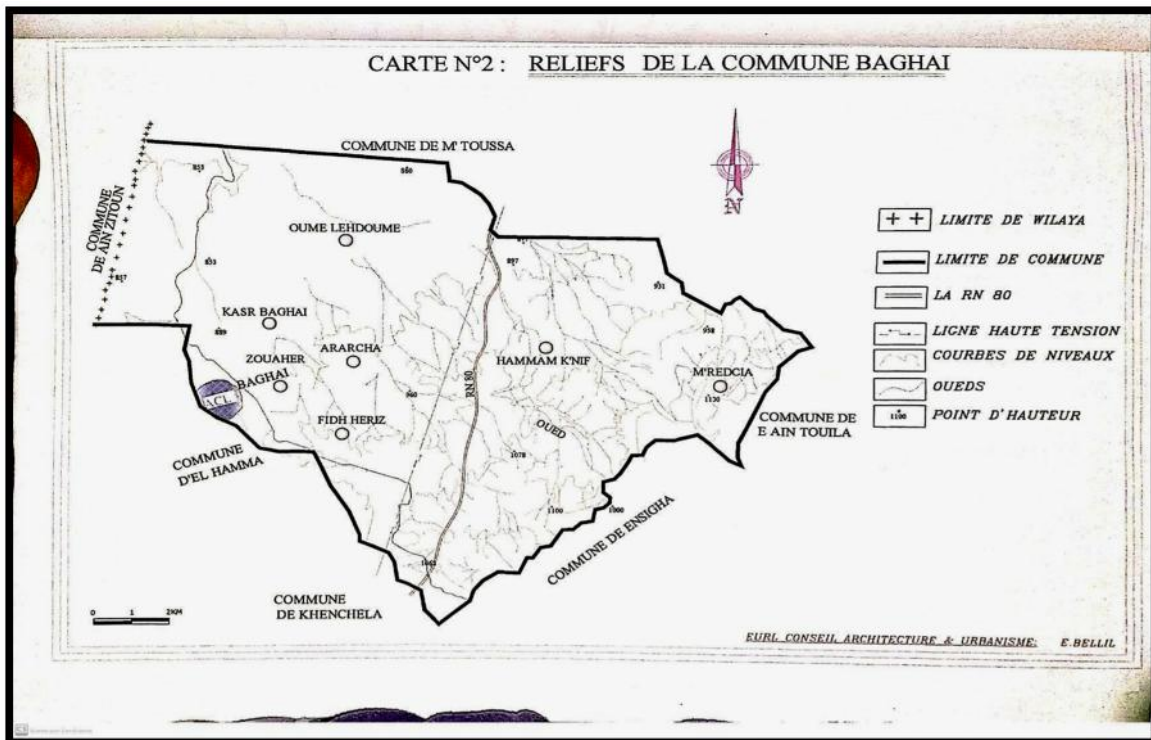


Figure05. Carte du relief de la commune de Baghail. (Rapport d'orientation de la commune de Baghail)

b) Les pentes :

Le relief est une combinaison de valeur des pentes, il nous permet donc de caractériser les différentes classes des pentes. Il joue un rôle pour définir les potentialités et les contraintes du milieu physique.

L'espace physique de la commune de Baghail, est modelé par les pentes suivantes :

* Pente inférieur à 2 % :

Cette classe couvre la majeure nord-ouest de la commune, elle se caractérise par des pentes très faibles, ce sont des terrains non urbanisables de fait elles sont soumises à l'immersion et aux inondations par la non présence d'une pente qui favorise l'écoulement des eaux de surfaces.

*Pente de 2 % à 7 % :

Elle occupe la partie ouest du chef-lieu de la commune, ainsi le coté nord est et une petite bande au sud, ce sont des terrains favorables à l'urbanisation en vertu de présence d'une pente moyenne.

*Pente 8 % à 14 % :

Elle est concentrée à l'est et au centre de la zone, elle occupe des terrains soit stables :

Cette catégorie de pente ne pose aucun risque sur le champ résidentiel et donc elle est bien située. Soit des terrains qui présentent des risques au glissement, le processus de l'urbanisation est coûteux, car les constructions nécessitent des murs d'ancrage et des fondations profonds.

*** Pente de 15% à 30 % :**

Elle occupe une partie des terrains de la commune prédominant dans le sud est, au sud-ouest et le côté ouest, ce sont des terrains avec une très grande pente qui ne conviennent pas à la construction car elles sont très exposées au risque d'érosion et glissement.

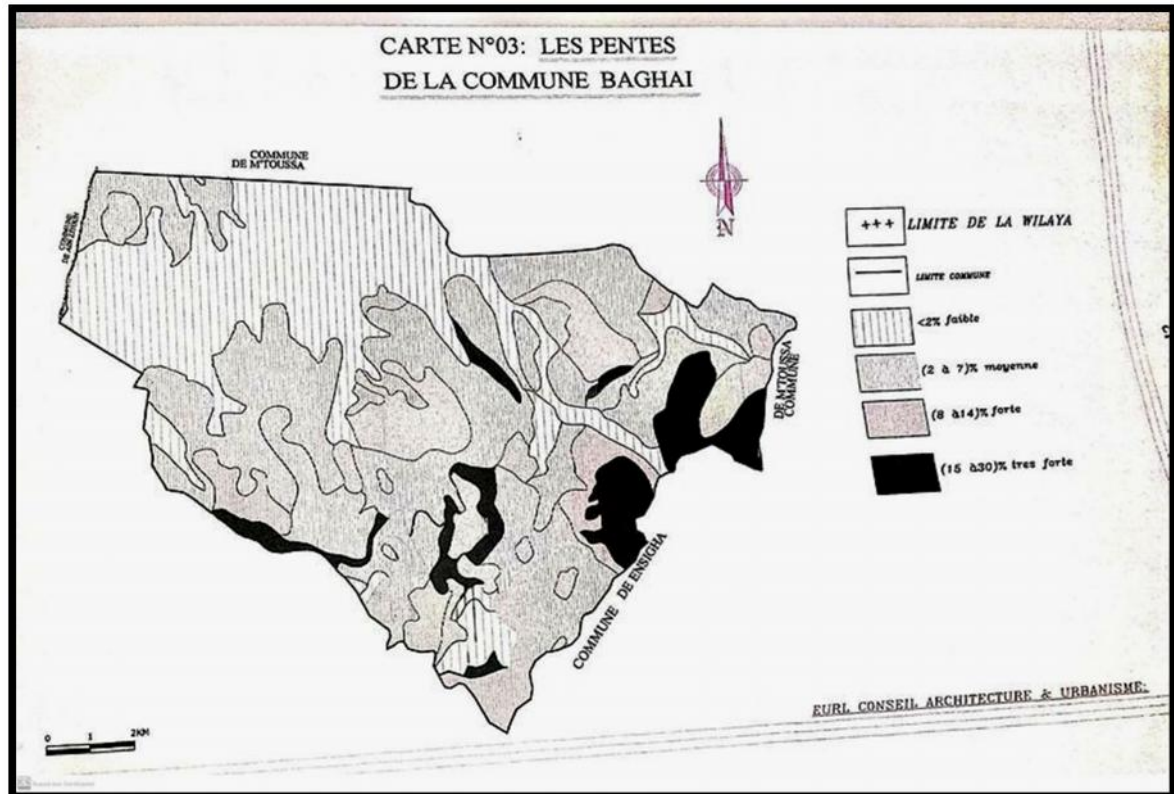


Figure.6. Les pentes de la commune Baghaï, (Rapport d'orientation de Baghaï).

.2.7 Hydrographie :

L'exutoire principal de tout l'espace communal est essentiellement les oueds ainsi les chaabats. Ces de ruissèlement, bien que permanentes, périodique et temporaires, peuvent avoir un débit violent et rapide, témoigné par les nombreux méandres qui sont façonnés le long des lits des oueds.

Le réseau hydrographique au niveau de la commune de Baghaï est représenté comme suit :

Oued principal, Baghaï, qui descend de djebel de Guelle, dont l'écoulement est de direction sud nord vers Garret el taraf, sur une longueur de 10 km, en passant par le chef-lieu de la commune, ce qui provoque les inondations de ce dernier.

Oued Himer, qui traverse la commune de Baghaï du côté nord-ouest.

Ces oueds sont actifs pendant la période humide, leur activité décroît jusqu'à ce qu'ils deviennent secs durant la période sèche.

D'après la carte d'hydrographie, on constate que la commune de Baghaï et traversée par des principaux cours d'eau sont représentés par des ruisselles et des chaabets. Les principales ressources en eau sont représentées par :

Deux sources naturelles situées au sud-est de la commune, au mechtatbouira.

Une source thermo minérale (Hammam El- kenif).

Cette source thermo minérale (Hammam El- kenif) dispose des qualités minérales variées qui donne une qualité curative. Elle est indiquée pour certaines maladies (respiratoire, digestive : psychiatrique et hypertension). **(B.berghout ; 2020)**

I.2.8.Réseau hydrographique

La fonction urbaine d'une armature communale est liée à une présence d'un ensemble d'ouvrage et réseaux hydrauliques.

a) Le réseau d'alimentation en eau potable

Les orientations prévues par le PDAU sont :

Prévoir des équipements pour l'ensemble des réservoirs au niveau de chaque agglomération de l'eau pour assurer les besoins de la population 24/24h et ce à moyen terme et long terme.

Prévoir une étude de diagnostic des réseaux de l'agglomération urbaine à court terme.

Élimination de tous les fuites à travers tous les réseaux.

Prévoir des conduites projetées en PEHD à long terme.

b) le réseau d'assainissement des eaux usées et pluviales

Eaux usées

* élimination de tous rejets de type : ciel ouvert par la réalisation d'une mini station d'épuration au niveau de l'agglomération chef lieu qui donne directement vers oued Bougheggal, ce dernier sera curé et nettoyé périodiquement en permanence par les services concernés.

* L'implantation des fosses normalisées au niveau de chaque agglomération et chaque mechtats, ces dernières seront curées et nettoyées périodiquement en permanence par les services concernés, leurs déchets seront jetés dans les mini stations programmés au niveau de chef-lieu de la commune.

* Raccorder toutes les constructions aux réseaux d'assainissements.

* Contrôler tous les rejets industriels ou polluants émanant des Z.A.C d'activités ou autres.

Eaux pluviales

Les grandes orientations concernant le développement du secteur de l'hydraulique sont :
Lutter contre les inondations afin de stabiliser le site et ce par la canalisation de toutes les chaabats et oueds.

Multiplier les retenues tout en exploitant les ressources en eau superficielles.

Réalisation de tous les réseaux des eaux pluviales pour les agglomérations de la commune.

Prévoir des ceintures de protections dans les zones amants et des ouvrages des sableurs, pour maîtriser le ruissellement des eaux pluviales au moment des crues.

Entretien et aménagement des canaux bétonnés et caniveaux existants.

Elaborer les travaux de drainage sur toute la zone inondable.

.2.9. Développement agricole

Le principal instrument pour un développement agricole et rural durable est le plan national de développement agricole, qui s'appuie sur la participation, la diversification des revenus, la conservation des terres et la gestion améliorée des intrants.

Le succès d'un développement agricole et rural durable dépendra largement de l'appui et de la participation des populations rurales, des pouvoirs publics et du secteur privé ainsi que de la coopération aux niveaux technique et scientifique. Les différents aspects de ce développement supposent :

Une parfaite connaissance des ressources en sols, et en sous-sol par des études spécialisées.

Une exploitation judicieuse des ressources en terres et en eau, ainsi que leur protection.

Une intensification en sec et en irrigué des cultures maraichères, fourragères et d'arbres fruitiers pour les céréales, il sera recherché les possibilités d'introduction et de généralisation de variétés performantes de blé dur, blé tendre et d'orge.

Une programmation des reboisements des plantations fruitières, et fourragères.

L'intensification, l'irrigation et notamment le renforcement et la création de parcelles irriguées, surtout lorsqu'on sait que les potentialités existent surtout par l'existence de multitudes de puits individuels et de forages privés qui peuvent amorcer déjà un début d'intensification de l'agriculture.

La création de structures agricoles habilitées à soutenir le programme de développement.

Lutte contre les facteurs de dégradation des sols.

La protection des terres contre le problème des inondations afin d'exploiter la totalité du potentiel agricole d'une façon permanente.

Le développement du secteur agricole requiert un vaste programme de modernisation, de mise

En valeur et de réhabilitation de l'activité agricole, de la pratique, de l'élevage et des activités annexes.

Tout programme d'intensification devra s'atteler au préalable à la restructuration des exploitations agricoles existences qui constituent le support naturel du développement agricole. La valorisation des potentialités identifiées nécessitera une mobilisation accrue des ressources hydriques.

D'autre part, il est impératif de prévoir des programmes de protection des terres et de lutte contre la dégradation du couvert forestier .A cet effet il est attendu un développement conséquent et approprié des élevages et des cultures, aussi une bonne gestion des massifs forestiers.

- ❖ D'intensifier la production céréalière en optant pour des méthodes scientifique (emblavement des superficies des zones les plus productives, utilisation rigoureuse de l'itinéraire technique, irrigation d'appoint si possible, utilisation de semences adaptées à la région et à fort rendement, utilisation des intrants,...).

D'élargir les superficies arboricoles et maraîchères là ou la ressource hydrique est disponible (périmètre irrigué).

Réhabilitation de l'agriculture de montagne et son encouragement apiculture, travaux forestiers).

Prise en charge du secteur de l'élevage (encouragement de l'élevage en intensif, modernisation de la conduite de l'aviculture).

Encouragement des activités liées au secteur primaire en amont et en aval. **(B.Berghout ; 2020)**

.2.10. L'élevage :

La commune peut largement intensifier son élevage bovin et élevage bovin et notamment en utilisant mieux, le parc forestier, l'intensification de ce même élevage, plutôt orienté vers les ovins peut gagner dans cette zone, de même que celle des légumineuses, de par la réduction de la jachère, mentionnée pour les céréales et à travers également est évident, la défense des sols et extension de irrigation.

Le développement du gros élevage et d'élevage hors sol, dépend étroitement des vocations des zones naturelles et des potentialités fourragères disponibles.

Dans ce cadre, les perspectives de développement s'articulent autour des tendances suivantes :

Le maintien d'élevage ovin dans les régions céréalières.

La réduction de la race caprine surtout dans les zones forestières.

La mise en œuvre de plans de développement des petits élevages (aviculture, apiculture,...) dans le cadre de l'économie de montagne.

La densification du réseau de fabriques d'aliments de bétail. La participation de la population, des pouvoirs publics et du secteur privé ainsi que la coopération aux niveaux technique et scientifique et la mise en valeur des ressources humaines.

La création de postes de travail et la contribution à la réduction du chômage.

La promotion de l'agriculture en tant que pilier du développement socio-économique de la région.

Une intensification de l'élevage bovin moderne et ovin, pur l'accroissement de la production laitière et de région.

Une intensification du petit élevage dans les zones montagneuses.

Le développement de l'élevage bovin et ovin (laitier moderne et amélioré) qui est lié aux potentialités fourragères. **(B.Berghout ; 2020)**

.2.11. Situation économique

La commune de Baghaï a une tendance agricole, ou l'agriculture est le premier secteur dans lequel la culture des céréales prédomine, et elle fait également partie des communes touchées par la révolution agricole, qui est apparue dans la construction du village socialiste et l'émergence du douar, appelé le comité « la révolution agricole »

L'agriculture appelée à se développer à l'avenir ne peut à elle seule résoudre le problème de l'emploi, il y aurait donc nécessité de renforcer d'autres secteurs d'activités notamment par la création des zones d'activités et artisanales et l'amélioration des capacités de stockage et de conservation.

Ces unités industrielles peuvent être la suivante :

La création des unités de transformation des produits agro- alimentaires.

Unités de transformation des produits forestiers.

Fabrication de matériels agricoles liés à l'élevage et les aliments de bétail.

La création des zones d'activités para-agricoles multiples dans les différentes zones.

Créations des abattoirs au niveau communal. **(B. Berghout ; 2020)**

.3. Présentation de Hammam El-kenif

.3.1. Localisation et description de Hammam El-kenif

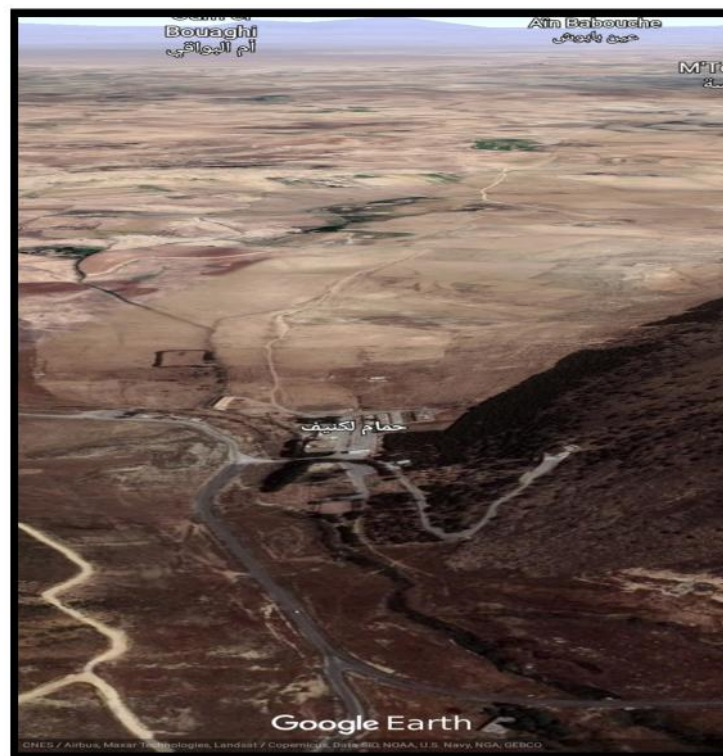
A environ 19 km du chef-lieu de la wilaya de kenchela (11,5 km à vol d'oiseau) (figure 07),

Les suivante :

Tableau.3. Coordonnées des principales composantes Hammam El-Kenif ; (M. Belmekki

Source thermale	Coordonnées		Altitude Z	Distance du chef lien khenchela
	X	y		
Forage	35°29'17,57 N	7°15 08.31 E	10.15m	11.5km
	Lat=35,4882132547	Lon=7,25231101295		
Château d'eau	35°39'18 63 N	7°15 12.08 E	1032m	11.5km
	Lat=35,4884757892	Lon=7,25334836966		
Vapoureux	35°29 11,55 N	7°15 16,02 E	1057m	11.5km
	Lat=35,4865367558	Lon=7,25443696931		

2013).

**Figure.7.** Localisation de Hammam El-kenif (image satellite source Google earth 10-05-2021).

.3.2. La station thermale Hammam El-kenif

La station thermale Hammam El-kenif et la source principale de Hammam Essalihine à khenchela.

La station ne compte en effet que deux salles de bains et huit petites pièces don la construction ramoné à 1905 et qui son dans un état de délabrement très avancé. Les autorités locales se son, enfin, réveillées en inscrivant le réhabilitation de ces sources thermales, abandonnées depuis les dizaines d'années, comme une priorité afin de donner un second souffle à l'activité touristique qui va également avoir les effets positifs sur l'économie de toute la région. Après requalification, la station sera mise en adjudication aux enchères publiques, tandis que l'ensemble de site sera ouvert aux investisseurs potentiels conformément à les cahiers de charges spécifiques, a ajouté le directeur local de tourisme.(Torisme megazine N17 page 54).

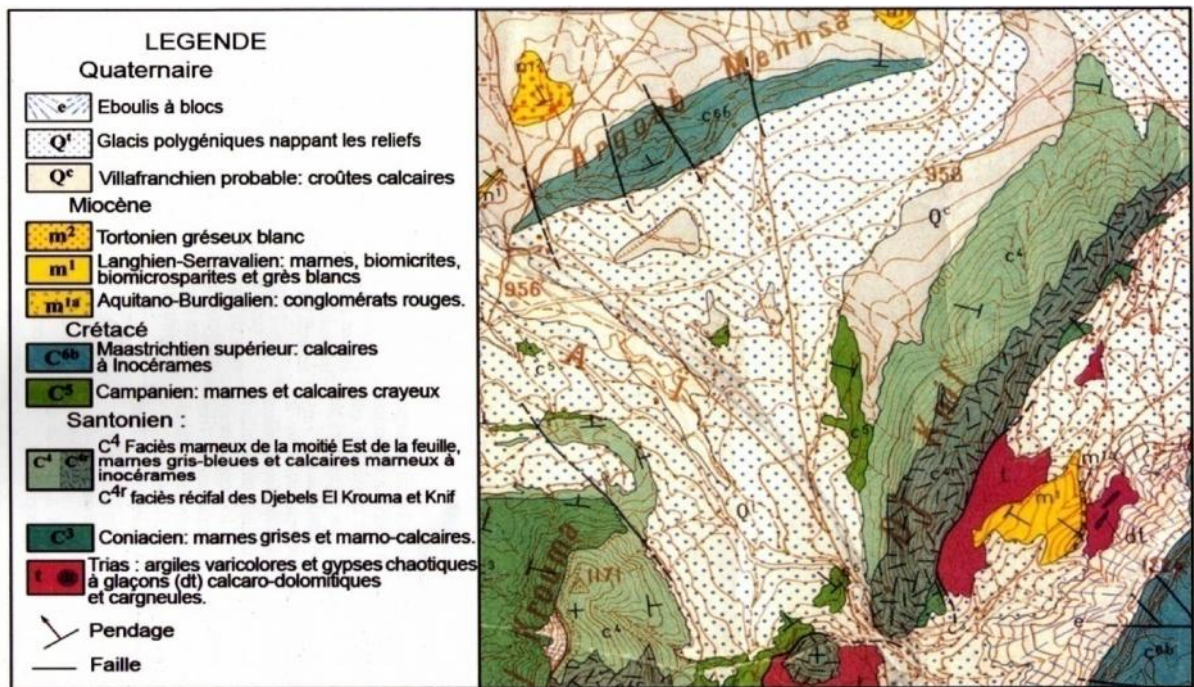


Figure.8. Carte géologique de Hammam El-kenif ,khenchela.

(Extrait de la carte géologique de khenchela au 1/50 000 (Sonatrack ; 1977).

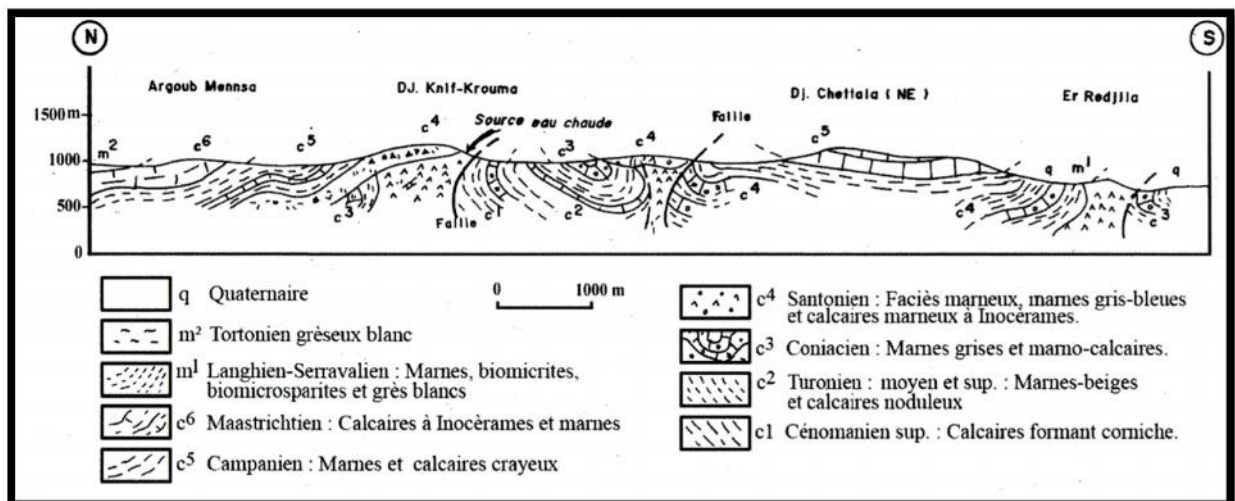


Figure.09. Coupe structurale composite dj.kenif-chettaia sud
(Extrait de la carte géologique kenchela au 1/50000 (sonatrack, 1977).

Chapitre

Etude hydro-climatique

.1 Introduction

La climatologie s'intéresse à l'analyse quantitative à plus long terme de la moyenne des paramètres requis pour caractériser les états de l'atmosphère. Principalement la température de l'air, la lame d'eau précipitée, la durée d'insolation, la direction et la vitesse du vent. Le climat représente donc le « temps moyen » en un lieu donné. (Emselem, 1989)

Le climat Algérien est un climat de transition. Il varie du type méditerranéen dans le Nord au type désertique dans le Sahara. Du fait de son appartenance géographique et bioclimatologique à la zone aride et semi-aride.

L'Algérie du Nord est soumise à des conditions hydro climatiques défavorables, caractérisées par des précipitations irrégulières avec des variations interannuelles importantes et une forte irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements.

La wilaya de kenchela se caractérise par un climat continental. Semi-aride ; à hiver froid et été chaud et sec. Pour notre étude nous avons pris les données climatiques de la station météorologique d'El Hamma.

Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude sont celles de la station météorologique de kenchela. (M. Belmekki ; 2013)

Tableau.4. Nomenclature de la station

Station	Altitude (m)	Durée de la série d'observation	Coordonnées géographiques	
			Latitude Nord	Longitude Est
El Hamma	981	20 ans	35°27''59''	7°05'45''

.2. La température

La température est l'un des éléments important pour la caractérisation du climat (Ramade, 1984), elle contrôle tous les phénomènes métaboliques et restreint donc la distribution de toutes les espèces et communautés biologiques dans la biosphère (Ramade, 2003), les données de température ont été collectées à la station d'El Hamma, une station vétérans à 10 kilomètres de la ville de kenchela.

D'après les données climatiques de la région de kenchela, les mois les plus froids est celle de l'hiver (décembre, janvier et février) étaient respectivement de 3.39, 2.67 et 2.25°C.

En été, les températures les plus élevées sont mesurées dans les mois de (juin, juillet et août) atteignant 30.5, 35.0 et 33.6 °C au cours de la même période (figure 11 et tableau 05).

La courbe des changements de température mensuels moyens montre que janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 6,6°C et juillet est le mois le plus chaud avec une température de 27,1°C.

L’histogramme des changements de température mensuels moyens montre que janvier est le mois le plus froid avec une température de 6,6°C et juillet est le mois le plus chaud avec une température de 35°C.

Tableau.5. Evolution de la température mensuelle de la ville de kenchela.

	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Juin.	Juil.	Aou.
T Max(C°)	27,8	22,2	16,2	11,93	12,01	11,84	15,82	20 ,18	24,7	30,5	35,0	33,6
T min(C°)	15,1	11,3	6,22	3,39	2,67	2,25	4,86	7,76	11,1	19,4	18,9	18,1
M+m/2(C°)	21,3	18,8	11,81	7,7	6,66	7,14	10,3	13,85	17,8	22,5	26,9	25,8
M-m(C°)	12,7	10,86	9,96	8,54	9,34	9,59	10,96	12,43	13,	11,01	16,	15,4

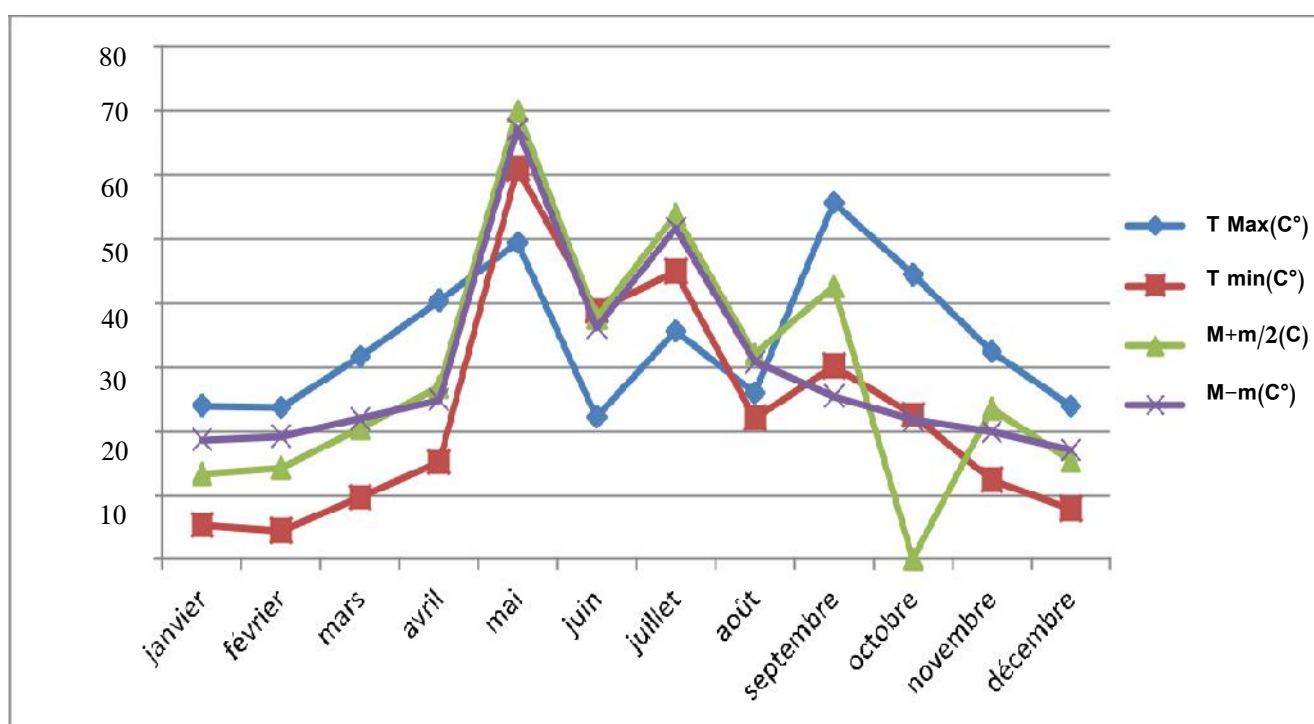


Figure 10. Courbe d’évolution destempératures mensuelles de la région d’étude.

.3. La pluviométrie

Les précipitations sont un facteur écologique d’une importance fondamentale dans l’alternance entre la période de pluie et celle de sécheresse, jouant un rôle régulier dans les activités biologiques (Ramade, 1984). Le tableau présente la répartition des précipitations mensuelles moyennes de la région de Khenchela pour la période 1998-2018.

Tableau.6. Répartition des précipitations mensuelles et saisonnières (mm).

Saison	Automne			Hiver			Printemps			Eté			Cumule
Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Jult	Aout	
P	50,4	49,9	27,7	27,8	38,9	36,4	48,4	48,4	66,92	22,5	16,6	35,5	466,8

La pluviométrie annuelle moyenne dans la zone d’étude (1998 à 2018) est d’environ 466,84 mm.

Il y a deux périodes, l’une est la saison des pluies de septembre à mai, et l’autre est la période de sécheresse de juin à aout.

Selon les données, le mois le plus pluvieux est mai, qui mesure 66,9 mm, tandis que le mois pluvieux est juillet, avec 16,6 mm (figure 12).

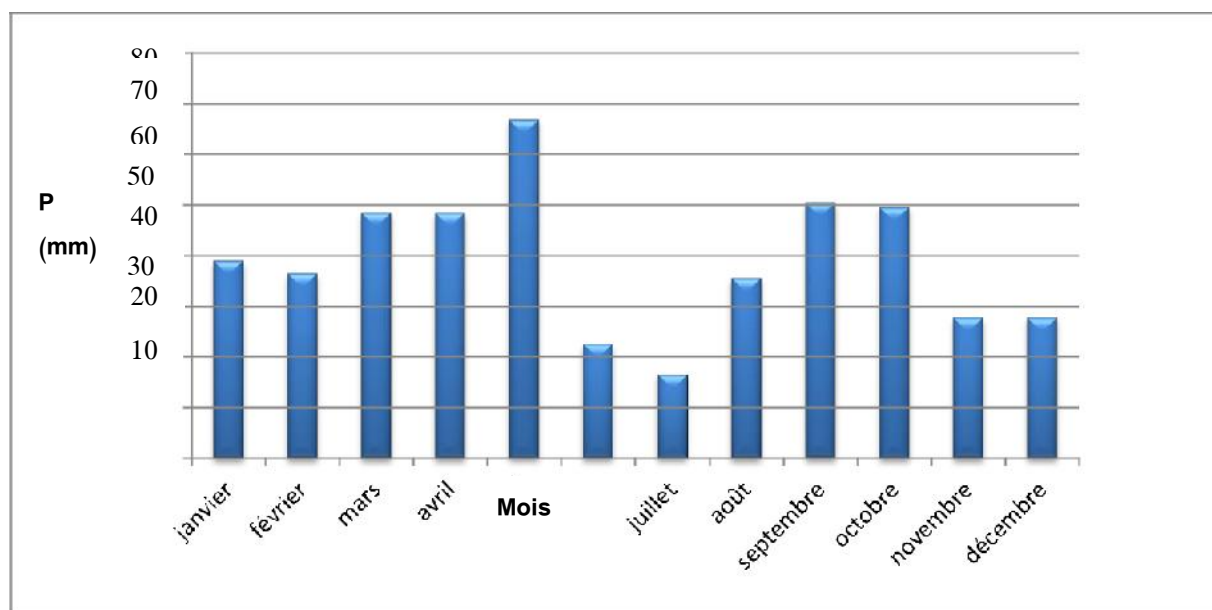


Figure 11. Précipitations mensuelles moyennes de la région d’étude pour 20 ans.

.4. Humidité

Les valeurs de l’humidité de la zone étude indiquée variabilité importante, on note une humidité faible au période estivale (juin, juillet et aout) avec 48.32, 39.50 et 46,62 %, tandis que dans la période d’hiver (de novembre à avril) les valeurs de l’humidité sont élevées qui dépasse les 60% la valeur la plus élevée est mesuré au mois de décembre avec 71,58% (tableau 07)

Tableau 07. La variation desvaleurs de l’humidité moyenne mensuelle de la région d’étude (20ans).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avri	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Humidité(%)	69,9	67,72	63,19	61,61	57,42	48,32	39,59	46,62	56,84	56,84	65,59	71,58

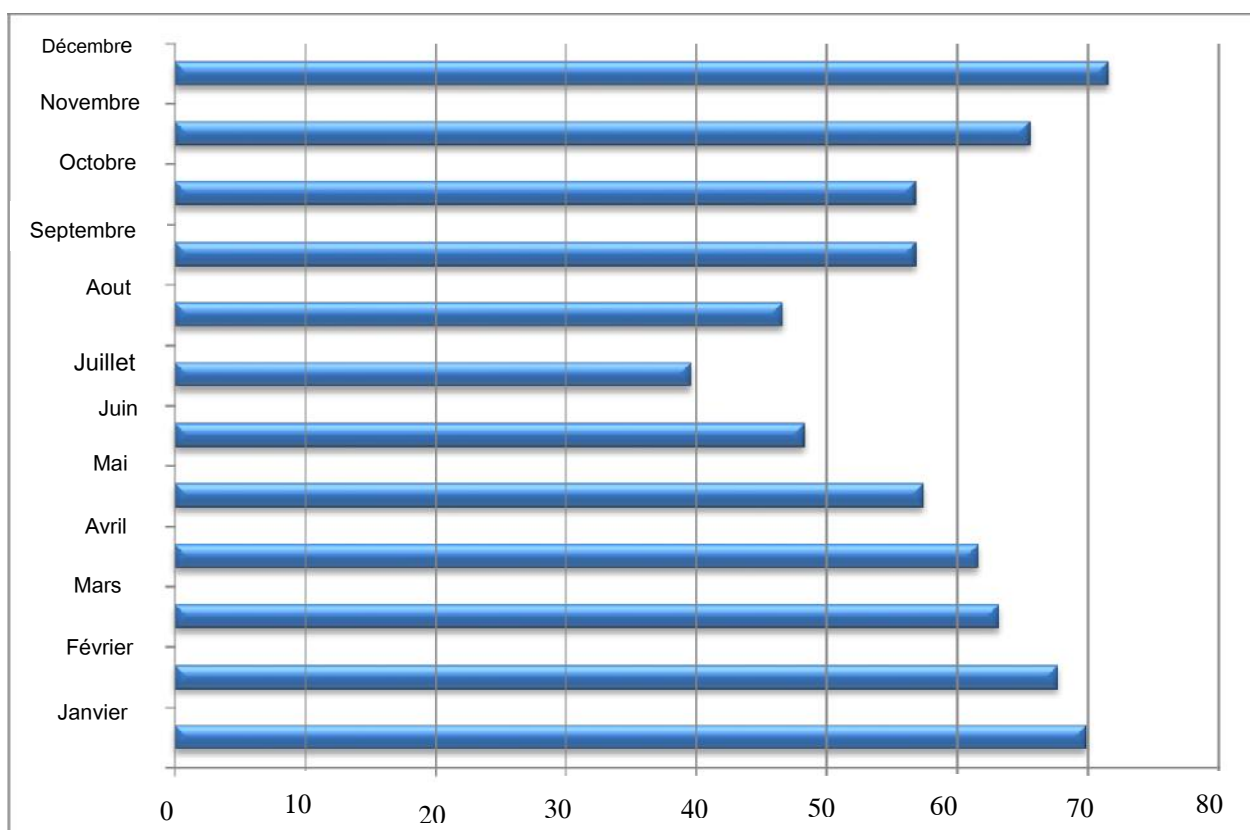


Figure 12. Variation de l’humidité moyenne mensuelle de la région d’étude (20 ans).

.5 Synthèse climatique

La classification écologique des climats est effectuée par deux facteurs les plus importants à savoir, la température et la pluviosité (Dajoz, 1971). Ces deux facteurs sont utilisés pour réaliser le diagramme ombrothermique de Gaussen et le climagramme d’Emberger.

.5.1 Diagramme Ombrothermique de Gaussen de la région d’étude

Le diagramme ombrothermique de Gaussen de la région de kenchela pour l’année 2004 à 2018 nous renseigne qu’il existe une seule période sèche entre les mois, Juin, juillet, et Aout et humide dans les restes mois (Figure 14).

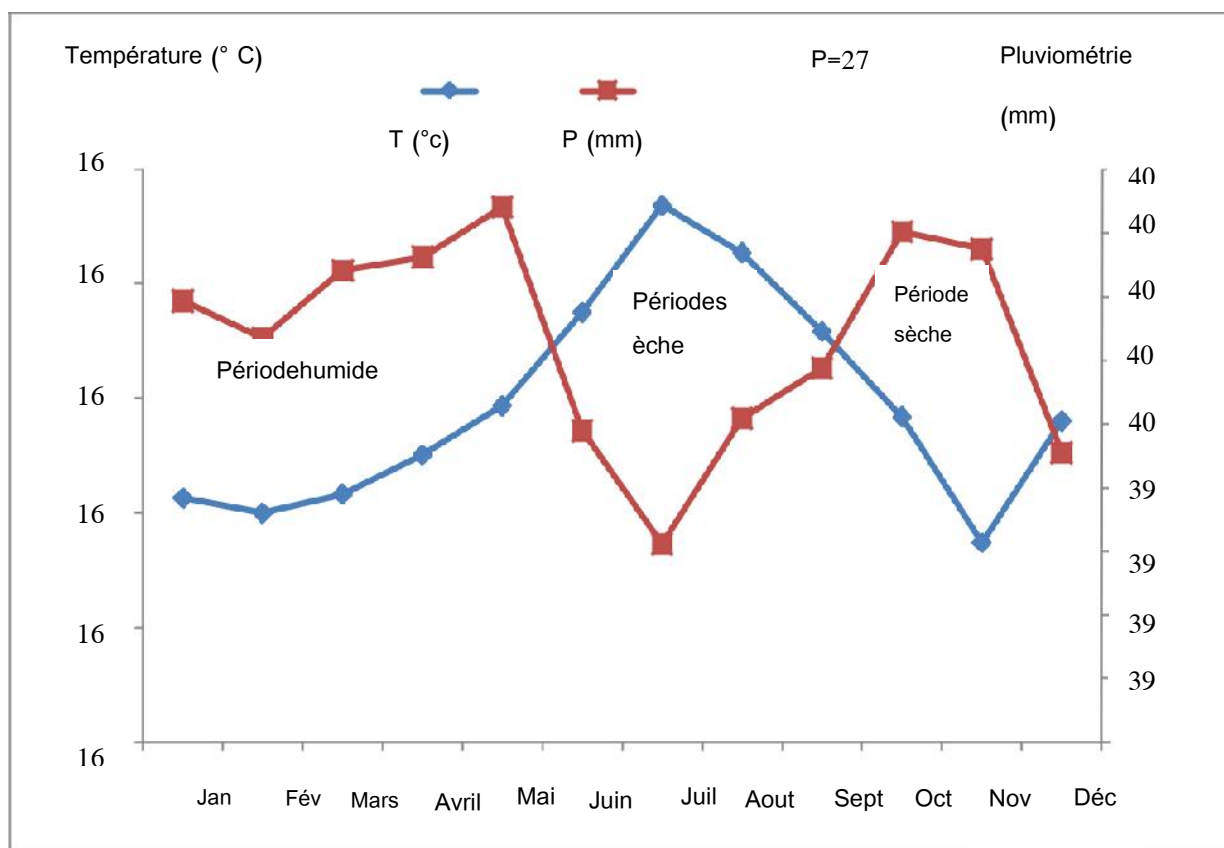


Figure 13. Diagramme ombrothermique de Gaussen de la région d’étude.

.5.2 Climagramme d’Emberger de la région d’étude

Il permet de situer la région d’étude dans l’étage bioclimatique qui lui correspond (Dajoz, 1971).

Le quotient pluvial thermique d’Emberger est calculé selon la formule suivante (Stewart, 1969) :

$$Q_3 = 3,43 P / (M - m).$$

P : la somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : la moyenne des températures maxima du mois le plus chaud.

m : la moyenne des températures minima du mois le plus froid.

Pour la région de kenchela, les résultats calculés du quotient pluviométrique d’Emberger pour la période de 1998-2018 est de $Q_3 = 49,67$, avec la mise en évidence de $P = 480,9\text{mm}$; $M = 35,01\text{ }^\circ\text{C}$; $m = 1,8\text{ }^\circ\text{C}$, les résultats sont projetés dans le Climagramme d’Emberger (Figure 6), ou elle classe la région de kenchela dans l’étage bioclimatique des zones semi-aride.

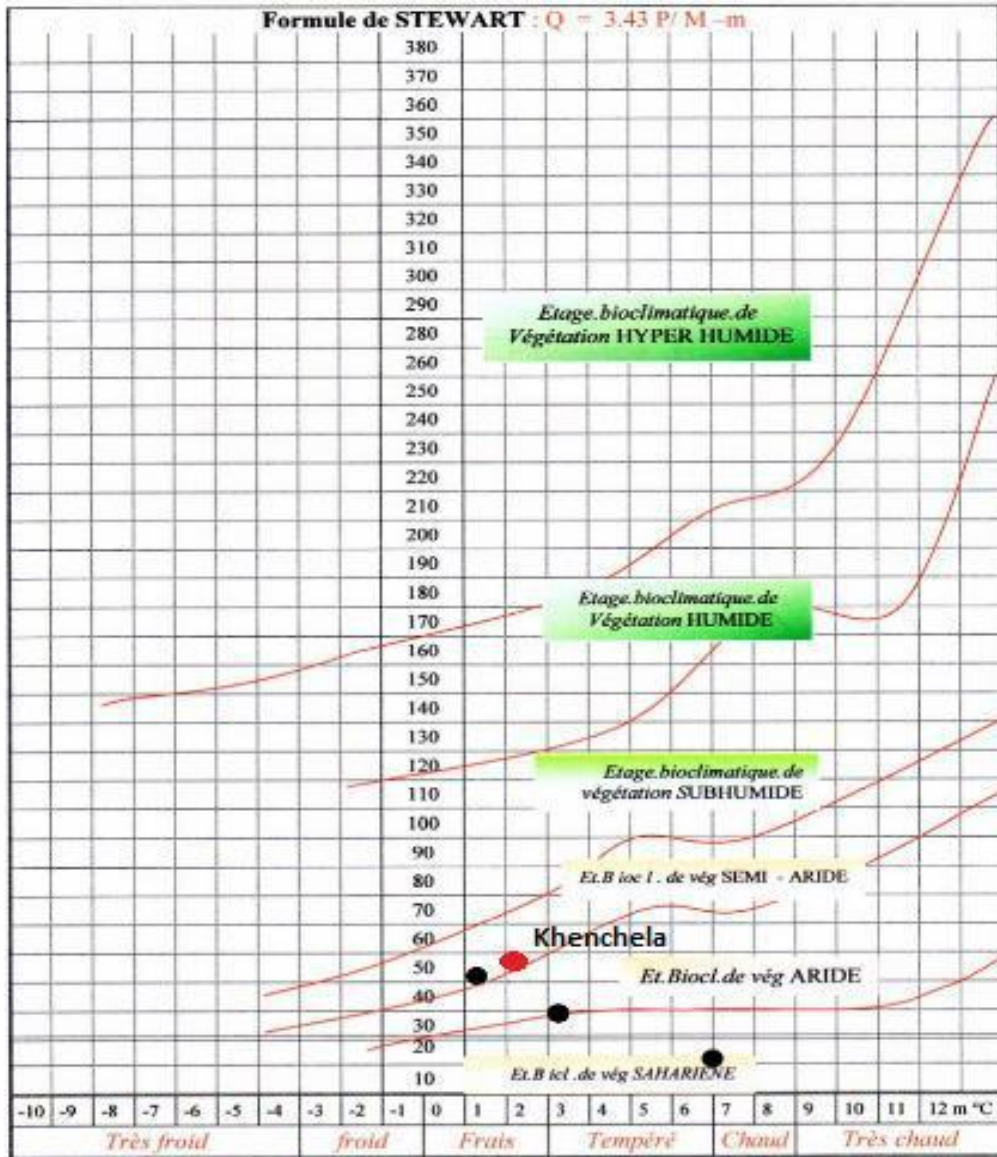


Figure 14. Classification de l’étage bioclimatique de la région d’étude Climagramme

.6. Le bilan hydrique

Tableau 08. Bilan hydrologique moyen à la station d'El Hamma

Période	T _p (°C)	i	K	ETP _c (mm)	Pr (mm)	BH (mm)	CH	VR (mm)	RFU (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
S	21,30	9,0	1,03	97,6	50,40	-47,2	-0,5	0,0	0,0	50,4	47,2	0,0
O	18,80	7,4	0,97	74,4	49,90	-24,5	-0,3	0,0	0,0	49,9	24,5	0,0
N	11,81	3,7	0,86	30,1	27,70	-2,4	-0,1	0,0	0,0	27,7	2,4	0,0
D	7,70	1,9	0,84	14,3	27,80	13,5	0,9	13,5	13,5	14,3	0,0	0,0
J	6,66	1,5	0,87	11,6	38,90	27,3	2,4	27,3	40,8	11,6	0,0	0,0
F	7,14	1,7	0,85	12,7	36,40	23,7	1,9	23,7	64,5	12,7	0,0	0,0
M	10,30	3,0	1,03	28,6	48,40	19,8	0,7	19,8	84,3	28,6	0,0	0,0
A	13,85	4,7	1,09	49,9	48,40	-1,5	0,0	-1,5	82,8	49,9	0,0	0,0
M	17,80	6,8	1,21	84,7	66,92	-17,8	-0,2	-17,8	65,0	84,7	0,0	0,0
J	22,50	9,7	1,21	125,8	22,50	-103,3	-0,8	-65,0	0,0	87,5	38,3	0,0
J	26,90	12,8	1,23	172,9	16,60	-156,3	-0,9	0,0	0,0	16,6	156,3	0,0
A	25,80	12,0	1,16	151,9	35,50	-116,4	-0,8	0,0	0,0	35,5	116,4	0,0
Année	15,9	74,3		854,5	469,4	-385,1				469,4	385,1	0,0

A l'échelle annuelle:

ETP - ETR = DA =	385,1	Mm
P - ETR = EXC =	0,0	Mm

Conclusion

Dans le contexte de cette étude, nous allons essayer de donner un aperçu sur le climat de la commune de Baghaï :

Le climat est de type continental, il est aride, froid et humide en hiver et sec en été. Donc la commune de Baghaï se caractérise par un climat semi-aride.

La Partie Pratique

Chapitre IV

Matériel et méthodes

VI.1 Introduction

Ce chapitre se réserve à la présentation des méthodes d'échantillonnages et de prélèvements, ainsi qu'aux méthodes et matériels utilisés sur terrain comme dans le laboratoire d'analyse hydro chimique et aux méthodes d'interprétation des résultats obtenus.

VI.2 Échantillonnage et prélèvement

Le prélèvement d'un échantillon d'eau d'une source thermale est une démarche délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionnelles résultats analytiques et l'interprétation qui on sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.).

VI.2.1 Les étapes de l'échantillonnage

VI.2.1.1 Préparation du matériel

Les échantillons d'eau pour analyse physique et chimique ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène (plastique) de 1,5 litre et des bouteilles en verre stériles de 500 ml, et rincés abondamment avec l'eau à échantillonner. En règle générale, les appareils de terrain comprennent une série de bouteilles d'échantillons, de glacières, d'échantillonneurs (lorsque l'accessibilité du site et/ou la profondeur sont requises) et des instruments de mesure, tels que des multi paramètres. Thermomètre, PH mètre. Le volume du flacon à utiliser et la quantité d'eau à éliminer dépendent des paramètres à analyser.

VI.2.1.2 Calibrage des appareils

Étalonnage de l'instrument Lors de l'utilisation d'instruments de mesure sur le terrain. Leur calibrage est une étape importante pour obtenir des données exactes et précises. Les appareils les plus couramment utilisés sont les multi-paramètres, les thermomètres et les pH-mètres. Pour les thermomètres numériques, l'étalonnage doit être effectué plusieurs fois par an, mais il n'est pas nécessaire d'effectuer cette opération avant chaque prélèvement. Par contre, le pH-mètre doit être calibré avant chaque visite de chantier.

VI.2.1.3 Prélèvement des échantillons

Compte tenu de la sensibilité aux modifications des propriétés physiques et chimiques de l'eau de source chaude, ainsi que des difficultés techniques et des risques de blessures, le préleveur ne peut agir seul et doit disposer d'outils d'aide au prélèvement (personnes, pinces, cordes, habitat ...etc.), l'eau de source chaude de Khenchela peut dépasser 70°C, on ne peut

donc pas la prélever à mains nues. Le prélèvement doit être représentatif, il doit donc être effectué à la source même et obtenu sans altérer les propriétés physiques et chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Évitez toute contamination possible (encas de doute ; en vidant le bassin ou en lui laissant le temps de s'auto-purifier). Les bouteilles et flacons doivent être rincés à l'eau déminéralisée et rincés à l'eau de source chaude plusieurs fois avant le prélèvement final. Les bouteilles et flacons doivent être fermés sous l'eau dans la zone d'échantillonnage.

Globalement, il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable (J.Rodier ; 2009)

VI.2.1.4 Conservation des échantillons

Le prélèvement subira obligatoirement un certain temps de transport et une éventuelle attente au laboratoire avant la mise en route analytique. Ces temps devront être réduits au minimum.

Pendant cette période, des phénomènes chimiques et bactériologiques peuvent conduire à des précipitations secondaires par changement de valence, des adsorptions sur les parois des récipients, des photo-décompositions, des volatilisations, des biodégradations, d'où la nécessité d'employer des adjuvants de conservation et de réunir des conditions de température et d'obscurité favorables. (J.Rodier ; 2009)

Le processus de conservation permet de préserver l'intégrité des échantillons prélevés entre le moment de l'échantillonnage et celui de l'analyse en laboratoire. Cette étape est nécessaire puisque plusieurs paramètres peuvent subir des modifications physiques ou des réactions chimiques dans le récipient, ce qui altère la qualité originale de l'échantillon. Afin d'obtenir des analyses fiables.

Tous les échantillons doivent être conservés dans un environnement avoisinant 4°C (il faut utiliser des glacières et des agents réfrigérants ou de la glace). (CEAE; Québec).

VI.3. Mesure in situ : Paramètres physiques

Cinq éléments ont été mesurés : la température (C°) de l'eau, le PH, la conductivité électrique, la salinité et le totale des solides dissous (TDS).

On utilise un multi-paramètre pour réaliser ces mesures, ce multi-paramètre est de type « CONSORT C535 »

VI.3.1. Mesure de la température

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux. En effet elle joue un rôle important dans la détermination du pH, elle doit être mesuré à l'émergence même et avec précision. Donc l'aide de perche ou de corde en rapproche la sonde de la source. En effet, celle-ci joué un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du PH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré.

La température des eaux de Hammam El-Kenif est égale à **50.1°C**



Photographie1. La température de la source de Hammam El-kenif

VI.3.2. Mesure du pH

Le potentiel Hydrogène (PH) est un coefficient qui caractérise l'acidité ou la basicité d'une eau. Il mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

La valeur trouvée du pH est de **7.066** La Neutralité approchée => majorité des eaux de surface

Tableau 09. Classification des eaux d'après leur pH. Fiche rédigée par l'équipe du RÉFEA

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

VI.3.3. Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. (J.Rodier ; 2009).

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer la minéralisation globale d'une eau du fait que les ions présents rendent celle-ci globalement conductrice. La minéralisation globale (mg/L) d'une eau est approximativement égale à sa conductivité électrique.

La corrélation entre la conductivité électrique et différence de potentiel n'étant pas exactement linéaire, seuls deux étalons peuvent être employés pour l'étalonnage. Une mesure sortant de la gamme étalon impose à l'utilisateur un réétalonnage de l'appareil dans une gamme mieux adaptée. La mesure se fait au moyen d'un multi-paramètre « CONSORT C535 ».

La conductivité électrique de l'eau de Hammam El-kenif est égale à **1860 µs/cm**.

Ce sont des eaux très minéralisées grâce à leur température élevée.

VI.3.4. Mesure du total des solides dissous (TDS) et la salinité (SAL)

TDS signifie total des solides dissous et représente la concentration totale des substances dissoutes dans l'eau. Le TDS est composé de sels inorganiques et de quelques matières organiques.

Les sels inorganiques communs trouvés dans l'eau incluent le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium qui sont tous des cations et des carbonates. Nitrates, bicarbonates, chlorures et sulfates qui sont tous des anions.

Des cations sont des ions chargés positivement et des anions sont des ions chargés négativement. Ces minéraux peuvent provenir d'un certain nombre de source naturelle autant que suit aux activités humaines.

Des sources d'eau minérales contiennent de l'eau avec un taux élevé de solides dissous parce qu'elles ont coulé à travers des régions où les roches contiennent beaucoup de sel.

La salinité : la salinité désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau. Ainsi selon Sorensen (1902), la salinité est définie comme la masse exprimée en grammes des composés solides contenus dans un kilogramme d'eau. La salinité était alors notée « S » et s'exprimait en g /kg ou en ‰. La mesure se fait au moyen d'un multi-paramètre « CONSORT C535 ».

Les valeurs trouvées après la mesure de la TDS et de la salinité sont :

La salinité = **1.8g/l**.

TDS = **1.67g/l**



Photographie 2. La Salinité de Hammame El-kenif **Photographie 3.** TDS de Hammam El-kenif

Tableau 10. Les valeurs des paramètres physiques

Paramètres physiques

pH	T°C	Minéralisation (mg/l)	Conductivité électrique µs/cm	Salinité	TDS (g/l)
7,066	50.1	697	1860	1,8	1,67

VI.4 Analyse au laboratoire : les Paramètres chimiques

Les eaux thermales constituent un milieu complexe. Si leurs compositions sont en relation directe avec les constituants des sols et des couches géologiques traversées, la qualité des eaux est largement affectée par le couvert végétal, les pratiques agricoles, l'urbanisation et plus généralement par l'activité économiques développée dans les paysages ou elles coulent. (J.Rodier ; 2009)

Les analyses des paramètres chimiques des échantillons sont effectuées au niveau du Laboratoire d'analyse Environnementales et d'Essais Chimiques sur les Matériaux

Les éléments chimiques concernés par cette étude analytique sont :

Eléments majeurs :

Les éléments chimiques dits majeurs correspondent aux anions et cations qui constituent de façon prépondérante la minéralisation des eaux.

Les résultats d'analyses chimiques en éléments majeurs effectuées sur les échantillons prélevés de la zone d'étude sont reportés dans le tableau 11.

* **Cations** : Na, K, Ca, Mg

***Anions**: Cl⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻.

Tableau.11 Analyse chimique en éléments majeures.

Cations (meq/l)				Anions (meq/l)		
Ca	K	Na	Mg	HCO ₃	Cl	SO ₄
6,23	1,44	16,18	3,09	3,46	20,96	1,16

Tableau 12. Méthodes et laboratoires d'analyse des éléments chimiques

Eléments chimiques	Méthode d'analyse
SO ⁻ , NO ⁻ , SiO ⁻ et Cl ⁻	La spectrophotométrie à UV, visibles.
Li	La spectrophotométrie à flamme.
Na, K, Fe, Mn, Cu et Zn	La spectrophotométrie à flamme.
Ca, Mg, HCO ⁻	La méthode titrimétrique.

VI.4.1.

Interprétation des résultats**VI.4.2. Origine et variation des éléments majeurs**❖ **Le calcium**

Issue de la dissolution des formations carbonatées ($\text{CaCO}_3 = \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$), et la dissolution des formations gypseuses [$\text{CaSO}_4 \cdot 2(\text{H}_2\text{O}) = \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2(\text{H}_2\text{O})$].

La teneur un peu élevée en calcium provient de la mise en solution de la calcite du gypse ou de l'anhydrite.

Ces concentrations indiquent que ces eaux sont influencées par la dissolution des formations carbonatées et les formations gypseuses contenues dans les terrains salifères du Trias.

❖ **Le magnésium**

Les origines du magnésium sont comparables à celle du calcium, il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium, magnésite : $\text{MgCO}_3 = \text{Mg}^{2+} + \text{CO}_3^{2-}$, et dolomite: $\text{Ca Mg}(\text{CO}_3)_2 = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + 2(\text{CO}_3^{2-})$.

Dans notre cas penser à une origine calcaire.

❖ **Le sodium**

L'origine de cet élément est liée principalement à la dissolution des formations salifères et à l'effet de la salinité marine. La plus importante source de sodium se trouve dans les évaporites (halite NaCl, mirabilite $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10(\text{H}_2\text{O})$) dans les bassins endoréiques.

Ces concentrations témoignent d'un apport salifère à partir des formations évaporitiques du Trias.

❖ **Le potassium**

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), des argiles potassiques. En général le potassium dépasse rarement les 10 ou 15 mg/l dans les eaux naturelles. Dans les eaux de mer le potassium avoisine les 380 mg/l.

❖ Les chlorures

L'origine de cet élément est comme pour le cas du sodium, liée principalement à la dissolution des formations salifères. Les évaporites constituent la source principale de cet élément.

Dans notre étude, Ces teneurs présentent des valeurs importantes 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.

Ces concentrations indiquent l'existence d'apports salifères à partir des formations évaporitiques et au Trias.

❖ Les sulfates

La présence des ions sulfatés dans l'eau est liée à la dissolution des formations gypseuses, à la dégradation de la matière organique dans le sol ainsi qu'à l'apport anthropique (origine agricole).

La présence des sulfates est beaucoup plus liée aux formations gypseuses présentes en abondance dans notre zone d'étude.

❖ Les bicarbonates

Les bicarbonates résultent de la dissolution des roches calcaires ou d'émanation du magma profond, l'apport atmosphérique de cet élément est négligeable.

VI.4.3. Faciès chimique

VI.4.3.1. Diagramme de Piper

C'est une ancienne classification aussi qui s'appuie sur un diagramme qui donne la représentation de l'ensemble des points étudiés en fonction de leur faciès sur un même plan. Ce diagramme à l'inconvénient d'utiliser une représentation en pourcentage qui risque de conduire à des interprétations erronées.

C'est le meilleur outil de la représentation graphique du faciès des eaux. Et pour réaliser cette représentation, nous avons utilisé le logiciel DIAGRAMME, du laboratoire LHA, Avignon, France.

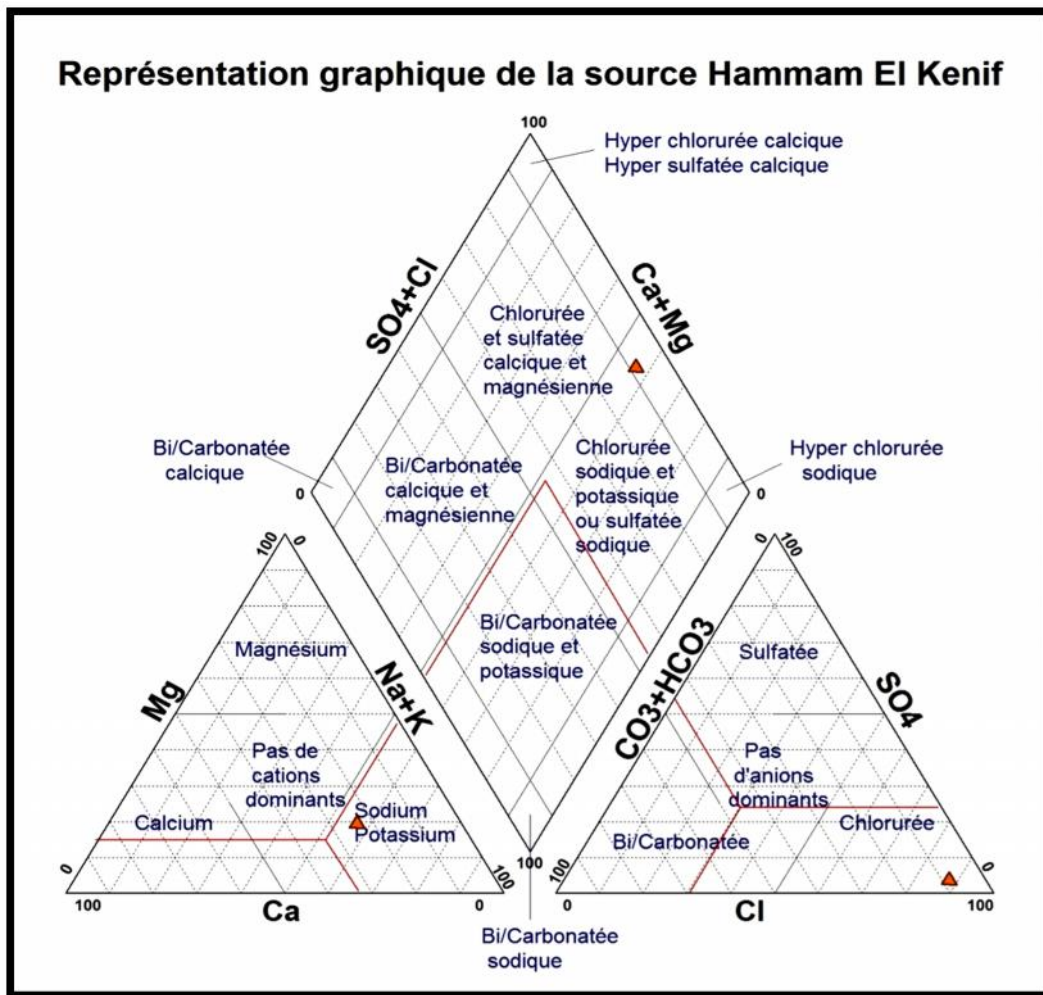


Figure.15 Représentation graphique du faciès chimique des eaux de Hammam El Kenif

Le diagramme de Piper (fig.15) appliqué aux eaux montre que le faciès chimique est chloruré sodique.

Chapitre V:

Les vertus thérapeutiques

V. Introduction

Depuis très longtemps, les hommes recourent aux bains à visée thérapeutique, les effets physiologiques des bains sont maintenant bien connus. Ils sont caractérisés par une augmentation de la diurèse, du débit cardiaque et une hémodilution. L'amélioration consécutive de la perfusion tissulaire et la diminution d'une composante œdémateuse seraient bénéfiques tant lors d'une artériopathie oblitérante des membres inférieurs que dans le cadre d'une insuffisance veineuse chronique,

V.1. Historique

« Prendre les eaux » est une méthode de traitement qui a atteint son apogée au XIX^e siècle, mais les sources chaudes sont considérées comme l'endroit le plus bénéfique à tout moment et partout dans le monde. Les sources d'eau chaude ou d'eau minérale ou les ruisseaux utilisés pour boire ou se baigner sont appelés sources chaudes par les anglo-saxons, en référence à la ville thermale belge près de Liège, qui porte son nom et symbolise « naviguer dans l'eau » en raison de son origine puits -propriétés curatives connues. Selon la légende, les racines de bath en Angleterre seraient attribuées au fils de Lud Hudibras, Brad (Blaudud) et au père du roi Lear (King Lear), ce dernier étant immergé dans la région en 863 la source chaude a guéri sa propre maladie. Les Romains ont développé une source chaude importante là-bas et à Buxton, Derbyshire. Après eux, il semble que les bains aient été longtemps négligés, même si de nombreuses églises à travers l'Europe ont été construites sur d'anciens bains thermaux. La fontaine de ces sanctuaires est un lieu de guérison. Au début du XVIII^e siècle, certains thermes romains ont été redécouverts, de nouveaux thermes ont été créés et les thermes sont devenus des lieux à la mode en été. Au XIX^e siècle, avec l'avancée de la médecine, de nombreuses stations médicales ont commencé à fournir des traitements pour diverses maladies et infirmités physiques sous surveillance médicale tout au long de l'année.

V.2.L'évaluation de thermalisme

Les méthodes d'évaluation des cures thermales doivent tenir compte du fait qu'il s'agit d'une thérapie multifactorielle. Les effets chimiques de l'eau chaude sont liés à des effets physiques (chaleur, radioactivité, boue, vapeur) et à des techniques thermiques (massage, réparation de piscines) pour former des traitements thermiques évalués dans certaines études d'efficacité. Dans d'autres études, les effets du traitement thermique et les changements de décor ont été évalués, dans certaines études d'efficacité. L'effet du traitement thermique a été évalué dans certaines études d'efficacité. Dans d'autres études, les effets des cures thermales. A moins d'avoir un grand nombre de patients, il est difficile de distinguer les effets de ces différents composants à moins de disposer d'effectifs de patients considérables.

De plus, même si l'eau chaude est comparée à l'eau du robinet, la cécité des patients est souvent difficile à atteindre car leur goût, leur couleur et leur odeur sont généralement différents.

Ces études ont également été critiquées pour ne pas tenir compte de l'effet du placebo, mais il est difficile de déterminer comment quantifier ce résultat lorsque la cécité ne peut être assurée. Les mêmes accusations peuvent être portées pour toutes les autres thérapies non médicamenteuses : chirurgie, rééducation fonctionnelle, logistiques, etc.

Un autre argument est que l'influence des différents composants du traitement thermique est encore difficile à déterminer. Pour comprendre cela, il faut rappeler que la cure thermique comprend non seulement l'exposition des sujets à de l'eau chaude dite thérapeutiques, mais aussi des formations de rééducation en piscine. Ne passez qu'un seul des ingrédients suivants (l'eau thermique, le massage ou les techniques de rééducation), jugera partiellement son effet globale. Cependant, c'est bien l'effet global que les patients s'attendent à guérir. Les dernières recherches qui n'entrent pas dans le champ financier des établissements thermaux. Cependant, il semble qu'aucune agence publique ne souhaite être responsable de tout ou partie de l'évaluation thermique. On soutient que même si une étude montre le résultat opposé, les cures non thermales peuvent avoir le même effet, mais il n'y a pas d'estimation des coûts pour étayer cette affirmation. (A.Françon ; 2003).

V.3. Risque d'une cure thermique

Des effets indésirables ont été rapportés par quelques enquêtes soit généraliste soit centrées sur les épisodes infectieux.

Il est signalé des cas de majoration de l'insuffisance veineuse, d'augmentation de la douleur, d'asthénie et de rash cutané.

L'eau peut potentiellement servir de vecteur ou de milieu de culture pour certains germes pathogènes : lésionnelles et apparentés. Amibes, salmonelles, coli-formes fécaux. La régularité du contrôle de qualité et la génération des contrôles bactériologiques font que les incidents infectieux liés à ces germes restent rares.

Une étude a identifié un risque accru d'infection chez les patients atteints de polyarthrite et prenant, à la fois du méthotrexate à plus de 10mg/semaine associé à des corticoïdes.

Les stations thermales ont depuis des années pris conscience du risque et ont développé des contrôles réguliers de la qualité de l'eau souvent plus fréquents que les contrôles préfectoraux obligatoires.

V.4 .Les indications positives de cures thermales

Signes positifs de durcissement thermique :

Dans chaque indication pathologique, certains patients semblent bénéficier plus facilement de l'hydrothérapie que d'autres. Une étude cas-témoins tente de déterminer le profil des patients qui ont répondu à la thermothérapie. Une autre constatation est que l'acceptation ou le rejet d'une couverture sociale n'a rien à voir avec l'état à voir avec l'état clinique du patient. Utilisation montre :

Patients présentation des indications centrales ou une intolérance aux AINS : ulcères gastriques, anticoagulants et traitements conventionnels ne sont pas efficaces, peu d'études portant sur des guérisseurs réels impliquent ces deux types de patients.

V.5.Bénéfices attendus d'une cure thermique

Nous ne rapporterons dans ces paragraphes que les résultats des études randomisées ou la différence entre le groupe traité et le groupe contrôle est significative. Pour l'arthrose lombaire, la coxarthrose et gonarthrose les résultats du traitement thermal ont été comparés à la poursuite du traitement habituel. Pour l'arthrose des doigts le traitement thermal était comparé à un gel à l'ibuprofène dont l'effet avait été validé préalablement.

Pour la spondylarthrite ankylosante l'exercice physique seul était comparé à l'exercice physique associé à des soins thermaux délivrés sur place ou à l'étranger. Pour la polyarthrite les bains avec radon sont comparés aux bains sans radon.

V.6. Contre-indications

Le bon sens interdit toute défaillance grave des organes internes (cœur, respiration, rein, cancer en cours). Maladies cutanées étendues et insuffisance veineuse sévère, sciatique aigue due à un choc disco-radiologique et inflammation des rhumatismes chroniques.

Pour les patients potentiellement immunodéprimés, le rapport bénéfice / risque de l'hydrothérapie doit être soigneusement pesé. Les contre-indications immunitaires sont principalement dues au surpeuplement et à une exposition possible à des agents pathogènes liés à l'eau.

Pathologie maligne déclaré sous SIDA, chimiothérapie ou radiothérapie, la transplantation sous cyclosporine est l'indication classique centrale. Pour cette raison, une corticothérapie supérieure à 20mg/ jour

Pathologie maligne déclarée sous SIDA, chimiothérapie ou radiothérapie, la transplantation sous cyclosporine est l'indication classique centrale. Pour cette raison, une corticothérapie supérieure à 20mg/ jour doit être ajoutée. La polyarthrite rhumatoïde sous méthotrexate dépasse 15mg/ semaines. L'association de méthotrexate 10mg/ semaine et de corticostéroïdes, même à faibles doses, présente des risques potentiels et doit être envisagée ne contre-indication. (A.Françon ; 2003).

V.7. Les techniques des soins thermaux

V.7.1. Les boues thermales

« Une boue, thermale est définie comme un produit contrôlé provenant d'une eau minérale ou résultant d'un contact plus ou moins prolongé d'une eau minérale avec des matériaux issus de processus géologique ou biologique, utilisés dans un but thérapeutique dans la station thermale production. » cette définition est issue de la réflexion d'un groupe de travail à la demande du ministère de la santé en 1987.

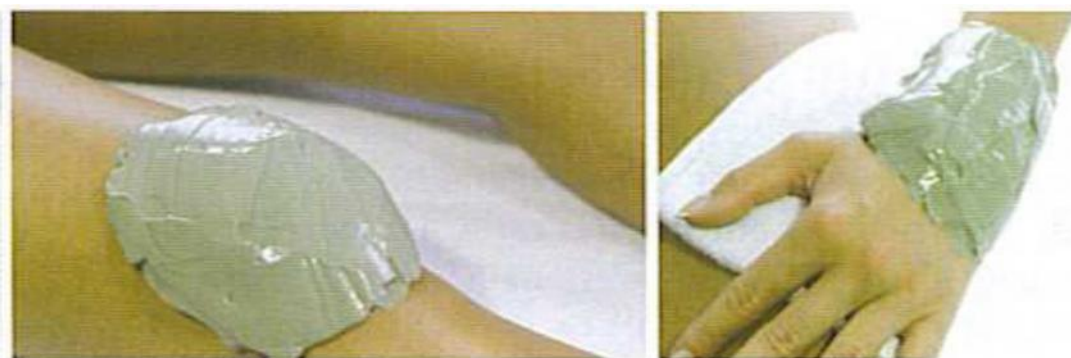


Figure.16 Application locale de boues thermales (Eau thermale + Montmorillonite)

V.7.2. Les bains thermaux

La balnéothérapie est la base des cures, que ce soit en baignoire ou en bain local. Immersé dans une eau dont la température varie entre 34°C et 38°C, le curiste effectue en totalité 18 bains lors de son séjour en cure thermale, soit un bain quotidien.

Froid, le bain active la circulation sanguine, tandis que chaud, il soulage les articulations douloureuses. Dans tous les cas, le bain est un moment de détente et de relaxation privilégié.



Photographie. 4 la source de hammam El-kenif

V.7.3. Le bain avec douche en immersion

Ce bain consiste à diffuser des jets d'eau sous pression, et selon le programme de la baignoire à buses (l'hydroxeur), il permet d'effectuer un massage général ou localisé.

Ce soin présente des vertus tonifiantes, décontractantes et antistress.

V.7.4. Le bain avec douche sous-marine

Sous la douche, l'agent thermal effectue une douche chaude qui cible la zone douloureuse ou affectée pour fournir un massage local doux.

V.7.5. Le bain local

Ce soin local qui permet de traiter sélectivement une partie du corps comme les mains (manuluves) ou les pieds (pédiluves), est généralement prescrit dans le cas de rhumatismes, pour son action sédative et antalgique.



Figure.17 Le bain local ([http// :www.doctissimo.fr](http://www.doctissimo.fr))

V.8. compositions des boues thermales

Comme nous l'avons vu précédemment, une boue se compose d'une fraction aqueuse apportée par l'eau thermale, d'un substrat minéral et / ou organique et éventuellement d'une partie biologique (essentiellement pour les péloïdes).

V.8.1.Composition chimique

***Eléments apportés par le substrat**

Le substrat est à la fois composé d'une fraction minérale (silice ; silicates ; oxydes et hydroxydes cristallisés ou amorphes ; carbonates, phosphates et sulfates) et d'une fraction organique (débris de végétaux et d'animaux, acides humiques, acides fulvique, dérivés Polysaccharidiques, dérivés protéiques, aminoacides).

***Eléments apportés par la phase aqueuse**

La phase aqueuse (eau thermale) apporte des cations (calcium, magnésium, potassium, sodium, fer, zinc, cuivre, arsenic, aluminium, manganèse) ainsi que des anions (chlorures, sulfates, carbonates, soufres réduits et brome).

Ces ions pourront interagir avec la fraction argileuse du substrat (échange de cations essentiellement).

V.8.2. Composition biologique

La phase biologique est présente en abondance dans les boues maturées (péloïdes).

En effet, au cours de la maturation, une microflore s'y développe ou bien y est ajoutée lors de la préparation. Sa composition varie suivant la composition physico-chimique du substrat

et de l'eau thermale utilisés, mais aussi suivant la température, la pression atmosphérique et l'éclairement (si ces paramètres ne sont pas contrôlés).

Elle est essentiellement composée de bactéries et d'un microplancton, le plus souvent souhaités (pour la formation des péloïdes) mais parfois indésirables.

***Le microplancton**

Le microplancton peut être composé de cyanophycées (algues bleues), de chlorophycées (algues vertes) ou de diatomées, mais aussi de protozoaires (tels que les infusoires) et de métazoaires microscopiques (tels que les rotifères ou les annélides).

***La flore bactérienne**

Les souches bactériennes présentes dans les boues thermales peuvent être de trois types :

- les bactéries contingentes, c'est-à-dire originaires du milieu : leur intervention dans la formation du péloïde n'est actuellement pas démontrée. Il s'agit d'entérobactéries et de pseudomonas.
- Les bactéries à activité biologique sur les cycles du soufre (*Clostridium bifermentans*, *clostridium cauteretsensis*, thiobacilles...), du fer et du manganèse.

***Les champignons**

Les dermatophytes sont des champignons kératophiles et donc pathogènes pour l'homme. Potentiellement présents dans le substrat utilisé pour la préparation des boues, ils ne sont pas retrouvés dans les boues. Cela peut être dû à la sécrétion d'antifongiques par la flore bactérienne présente, ou bien à des modifications du milieu lors de phase de maturation. De même, les levures semblent ne pas être retrouvées dans le produit final.

*** Les virus**

Aucune étude n'a actuellement mis en évidence une éventuelle survie ou absence de virus dans les boues thermales après maturation. (François, G micollier A rouvie 1- Atelier santé environnement- ENSP- 2005).

On donne quelques exemples des vertus thérapeutiques des eaux de Hammam El Kenif.

a) Un traitement pour les maladies chroniques et les douleurs

Arthrose et rhumatismes, affections respiratoires chroniques (otites, angines, sinusites, asthme, allergies, problème de voix... traités, affections dermatologiques (eczéma, psoriasis, brûlures, cicatrices), mais aussi troubles urinaires et digestifs, problèmes d'insuffisance veineuse, affections bucco-dentaires, maladies cardio-artérielles...

b) Les maux d'esprit

Beaucoup l'ignore, mais le thermalisme a des effets bénéfiques sur les personnes atteintes de troubles neurologiques comme la maladie de Parkinson ou de sclérose en plaques. Elles sont également recommandées pour les troubles anxieux, les troubles du sommeil, le sevrage thérapeutique et les états dépressifs. Les bains, les douches, les massages ont un effet anxiolytique et sédatif.

c) L'efficacité

Des études sur différentes pathologies (action de l'eau minérale sur le cartilage, études sur la gonarthrose, sur l'otite, l'obésité, le diabète, l'ORL de l'adulte).

d) Et pourquoi pas une crue de beauté

Massages, bains de pétales de fleurs. Le thermalisme sait aussi jouer la carte de la beauté. Les caractéristiques hydro-chimiques des eaux de Hammam El Kenif permettent d'offrir des soins de beauté infinie.

e) Pour les enfants

Médecine naturelle, sans effets secondaires, la cure thermale s'adresse à tous, y compris aux enfants. Les jeunes viennent y traiter asthme, allergies, trachéites, otites à répétition, mais aussi eczéma, énurésie, obésité, ou troubles du développement. Les enfants peuvent être accompagnés de leurs parents ou accueillis en maison d'enfants.

Conclusion générale

A partir de cette étude, Nous avons contribué la compréhension du thermalisme dans la région de l'est algérien.

Notre travail a pour but d'étudier les caractéristiques physicochimiques et thérapeutiques de la source thermale de Hammam El Kenif, situé au niveau de la commune de Baghaye, Wilaya de Khenchela.

L'étude du climat a montré que la région d'étude appartient au climat semi-aride. Le bilan hydrique est déficitaire et nécessite de l'irrigation en termes de l'agronomie.

L'aperçu hydrogéologique de la zone d'étude montre que les formations du crétacé inférieur, moyen et supérieur peuvent offrir des possibilités aquifères très intéressantes.

L'étude hydrochimique a fini par attribuer l'origine évaporitiques à certains éléments comme le sodium et les chlorures. Ils viennent principalement de l'effet de l'altération des schistes et des gneiss, d'origine profonde et enfin les éléments le magnésium et le calcium proviennent à la fois des formations carbonatées et évaporitiques, qui existent en profondeur, lors de l'ascension de ces eaux chaudes en surface.

L'étude des ions majeurs montre que les teneurs des différents éléments sont conformes aux normes. La représentation graphique des résultats des analyses sur le diagramme de PIPER a donné un faciès chimique (Nom chimique des eaux) chloruré sodique.

Une cure thermale est une alternative thérapeutique, notamment pour des patients résistants ou opposés aux médicaments traditionnellement prescrits. C'est une alternative dans l'indication des affections psychosomatiques, pour les patients ayant des difficultés à supporter les contraintes des psychothérapies.

La station thermale de Hammam El Kenif nécessite des aménagements, et des travaux pour améliorer les services de cette station.

Cette conclusion peut être discutée. Il est donc indispensable d'opter pour d'autres méthodes pour arriver à des résultats plus convaincants que nos résultats. Nous espérons par ce travail avoir participé d'une façon très admissible dans le domaine des vertus thérapeutiques en Algérie.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

2007. Journal officiel de la république algérienne N°13

A. Françon ; 2003. Service médicale rendu par le thermalisme en Rhumatologie. Centre de recherche rhumatologique et thermal.

A. Froger ; 2018 Place du thermalisme dans le traitement des affections des voies respiratoires : exemple de la station de cauterets.

A. Randriatahiry ; 2011. Contribution a L'analyse physico-chimique des eaux des sources thermales de ranomafanaifanadiana.

A.Issaâdi, 1992. Le thermalisme dans son cadre géo structural. Apports à la connaissance de l'Algérie profonde et de ressource géothermales.

B. Berghout ; 2020. Révision Du plan Directeur D'Aménagement Et D'Urbanisme ; commune de Baghaï phase (Maitre de l'œuvre : Batna)

B. Houha ; 1996. Quantité et qualité des eaux souterraines de la région de Khenchela (garattarf). Mémoire de magister

D. Dib ; 2008. Guide pratique des sources thermales de l'Est algérien ; mémoires du service géologique nationale ANGCM, 105p.

F.Gwladys ; 2005. Atelier sante environnementale.

Fiche rédigée par l'équipe technique du RéFEA (la température)

G. Cardenas ; 2014. Les Baines thermaux, Anne-flore gaspar-Lolliot

Gesus Cardenas ; 2014 Les Baines thermaux, Anne-Flore Gaspar-Lolliot Journaliste.

K. Goma ; 2014. Tout savoir sur les eaux thermales

K. Hani ; 2020. Étude hydro-chimique et énergie géothermique de la source thermale de Hammam EssalihineXilaya de Khenchela. (Mémoire de Master 2. Université Abbas Laghrour Khenchela).

M. Amran ; 2018. Évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux thermales de Hammam Righa «Ain Defla».

M. Athamna ; 2006. Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone sud sétifien. Thèse de doctorat. Faculté des sciences de l'ingénieur. Batna. Algérie.130p.

M. Belmekki ; 2013. Evaluation et caractérisation de quelques gisements Hydrothermaux du Nord des Aurès. (Mémoire Master 2, Université de Khenchela)

M. MOHAMEDI ; 2012. Les vertus thérapeutiques des eaux thermales de l'est algérien, cas de Khenchela-Guelma (Mémoire de master 2 Université Abbas laghrour KHENCHELA ; Algérie) (12-45).

Références bibliographiques

OUALIS ; 2006 Les sources Thermales en Algérie, CDER, Division Energie Solaire Thermique et Géothermie, série 10, volume 1.

R. Kebbach ; 2011. Mécanisme de salinisation des eaux souterraines cas de la plaine alluviale de Rémila (Wilaya de Khenchela) (Mémoire de Master 2 Khenchela).

S .Osmani ; 2012. Le traçage chimique et isotopique des eaux du versant Nord du massif de l'Aurès, Univ Khenchela. 134 page.

S. Lakhdari ; 2012. Étude des eaux de l'aquifère du bassin versant. De Fom El Guiss (wilaya de Khenchela).

S. Ouali ; 2008. Les sources thermales en Algérie, Division Energie solaire thermique et Géothermie.

S.Ouali, ;(2015). Contribution à l'étude de quelques réservoirs géothermiques en Algérie (Doctoral dissertation, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene).

Tourisme megazine N17 page 54.

المخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير لبلدية بغاي (مراجعة 2004)

مراجعة المخطط التوجيهي للتهيئة و التعمير لبلدية بغاي ،المرحلة الثانية , المرحلة الثالثة ,

<http://www.quebecscience.qc.ca>

<http://www.guide-piscine.fr/eau-thermale/les-differents-types-d-eaux-thermales-3033-A>

<http://www.veroniquecloutier.com>