

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE «ABBES LAGHROUR KHENCHELA»
INSTITUT DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES PRESENTEE
POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE
MASTER EN ÉCOLOGIE ET ENVIRONNEMENT
OPTION : PROTECTION ET DECONTAMINATION
DES EAUX ET SOLS POLLUES
2012/ 2011

Par

✚ MOHAMEDI MOHAMED REDHA
✚ ACHICHE MOSTAPHA

Thème

LES VERTUS THERAPEUTIQUES DES EAUX THERMALES
DE L'EST ALGERIEN, CAS DE KHENCHELA-GUELMA

Soutenu le : 04/07/2012

Devant le jury

Président	M. DERBOUCHE Abd Elhak	Université Abbes LAGHROUR Khenchela
Encadreur	M. HOUHA Belgacem	Université Abbes LAGHROUR Khenchela
Examineur	M. ZIOUCHE Ramzi omar	Université Abbes LAGHROUR Khenchela
Examineur	M. BAKHA Abd Elhani	Université Abbes LAGHROUR Khenchela
Examineur	M. CHENAKER Hichem	Université Abbes LAGHROUR Khenchela

SOMMAIRE

Remerciement	i
Dédicaces	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	V
Résumé.....	
Introduction générale	01
I. Généralités sur les eaux thermales	
I.1. Historique.....	02
I.2. Etymologies et définition	03
I.2.1. Etymologies.....	03
I.2.2. Définition	03
I.3. La Classification des eaux thermales	04
I.3.1. Selon la température d'émergence.....	04
I.3.2. Selon la minéralisation.....	04
I.4. L'hydrothermalisme.....	05
I.4.1. Hydrothermalisme : une thématique vaste.....	05
I.4.2. Les modes de fonctionnement des systèmes thermaux	06
I.4.3. Le thermosiphon.....	07
I.5. Les eaux thermales en Algérie.....	09
I.5.1. Généralité	09
I.5.2. Classification selon les régions	10
II. Les vertus thérapeutiques	
II.1. Le thermalisme à travers l'histoire	12
II.2. Définition	13
II.3. Les principales indications du thermalisme	14
II.4. Principales indications et contre-indications des cures thermales.....	15
II.4.1. Indications.....	15
II.4.2. Contre-indications.....	15
II.4.3. Les orientations thérapeutiques des eaux thermales	16
II.5. Les techniques des soins thermaux.....	17
II.5.1. les boues thermales.	
II.5.2. Les bains thermaux.	
II.5.3. Le bain d'eau thermoménérale :	
II.5.4. Le bain avec douche en immersion :	
II.5.5. Le bain avec douche sous-marine :	
II.5.6. Le bain local :	
II.6. Les douches thermales.....	19
II.6.1. La douche au jet :	
II.6.2. La douche de vapeur :	
II.6.3. La douche sous immersion à haute pression :	
II.6.4. La Piscine:	
II.7. Les différentes qualités des eaux thermales	21
II.7.1. es eaux sulfurées	

II.7.2. Les Eaux sulfatées	
II.7.3. Les eaux bicarbonatées	
II.7.4. Les eaux radioactives	
II.7.5. Les eaux riches en calcium	
II.7.6. Les Eaux riches en Magnésium	
II.7.7. Les Eaux riches en silice	
III. Description de la zone d'étude	
III.1 Les sources thermales de Khenchela	24
III.1.1 Contexte géographique.....	24
III.1.2 Contexte géologique.....	26
III.1.3. Contexte climatique.....	28
III.2. La source thermale Hammam Dbegh de Guelma	34
III.2.1 Contexte géographique.....	34
III.2.2 Contexte géologique.....	35
III.2.3. Contexte climatique.....	37
IV. Matériels & méthodes	
IV.1. L'échantillonnage.....	39
IV.1.1. Considérations générales sur l'échantillonnage.....	39
IV.1.2. Les étapes de l'échantillonnage.....	39
a. Préparation du matériel	
b. Calibrage des appareils	
c. Choix du flaconnage	
d. Prélèvement des échantillons	
e. Conservation des échantillons	
IV.2. Techniques de mesures et d'analyses in situ.....	40
IV.3. Techniques de mesures et d'analyses au laboratoire.....	43
IV.4. La représentation graphique	54
V. Discussion des résultats	
V.1. Mesures In Situ	55
a. La Température	
b. le potentiel d'hydrogène	
c. La conductivité électrique	
V. 2. Mesures au laboratoire	58
a. Les cations	58
b. Les anions	60
V. 3. Représentation graphique des résultats des analyses chimiques.....	61
V.4. Hammam EL Salhine et Hammam El Kenif	63
a. Propriétés thérapeutiques et Soins conseillés	
b. Modes de traitement	
V.5.Hammam Dbegh	64
a. Propriétés thérapeutiques et Soins conseillés	
b. Modes de traitement	
Conclusions.....	65
Conclusion générale	66

REMERCIEMENT

Ce mémoire est le fruit d'un travail de recherche dans plusieurs communes et plusieurs projets. Au fil des pages, le lecteur comprendra que la recherche est construite à partir de travaux divers réalisés dans des cadres différents, en passant par des études nées des opportunités surgies lors de visites sur le terrain.

Ce qui relie tous ces travaux, c'est leur orientation commune autour de l'amélioration de la qualité des soins thermale et des services de tourisme de ces wilayas.

Tant de kilomètres parcourus entre les sources thermales de l'est de kenchela et guelma, Quelle aventure incroyable, au cours de laquelle on apprend tout d'abord à devenir un bon scientifique en développant des qualités de raisonnement, de patience, de modestie et puis surtout à dépasser ses limites physiques mais surtout mentales.

2 mois de joie, de bonheur, de découvertes mais aussi de galères et pas mal de sacrifices pour en arriver aujourd'hui à écrire cette page de remerciements à tous les acteurs passifs ou actifs de ce mémoire, qui est loin d'être un travail individuel.

Donc, au terme de ce travail, il m'est très agréable d'exprimer ma reconnaissance à :

Je remercie **Allah** tout puissant qui m'a donné la force et la volonté d'achever cette réalisation et nous lui rendons grâce, Je n'oublie pas mes parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Dr. HOUHA Belgacem, d'avoir bien voulu encadrer ce mémoire car son soutien technique et psychologique me sont d'un grand apport pour la réalisation de ce travail et n'a ménagé aucun effort pour sa réalisation et sa bonne marche, et qui a été ouvert la porte pour la formation et l'étude dans le system LMD, et Surveillance nous a une période de 5 ans, Et encore aspirer à poursuivre avec nous dans cette voie parce qu'il est la lumière qui nous avons recours à toujours les nuits sombre.

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur **Pr. DERBOUCHE Abd Elhak**, qui m'a fait l'honneur de présider le jury de soutenance. Je n'oublierai pas non plus sa disponibilité, l'intérêt qu'il a manifesté à suivre cette étude et ses précieux conseils scientifiques.

Je remercie également Monsieur **ZIOUCH Ramzi omar**, Monsieur **CHENKER Hichem**, qui a tous les deux accepté d'établir une critique scientifique à ce travail en qualité de rapporteurs.

Dr. Abd ali BOUMAREF, Directeur de l'institut de SNV Khenchela, pour les conseils et orientations qui me sont d'une aide précieuse.

M. BAKA Abd Elhani directeur de laboratoire LACLAP Ain mlila, Algérie, qui m'a autorisé à faire la partie expérimentale de cette recherche

Mlle. Salima OUALI membre de Centre de Développement des Energies renouvelables (CDER) pour son aide en documentation.

Le Directeur de complexe de Hammam salhine, le Directeur et le Médecin de Complexe Hammam Chellala Guelma.

Tous les professeurs, maîtres de conférences et maîtres assistant du l'institué de SNV (le corps professoral), Pour les conseils et orientations qui me sont d'une aide précieuse.

J'adresse également mes plus vifs remerciements à tous mes collègues de promotion (master PDESP 2012) pour leur soutien et leur encouragement

Enfin, je remercie toutes les personnes, qui de près ou de loin, m'ont aidé à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

À mes chers parents

À mes frères

À mes sœurs

À la mémoire de mes grands-parents

Et à tous ceux que j'aime

Je dédie ce mémoire

MOHAMED REDHA

&

MOSTAPHA

LISTE DES FIGURES

- Figure 01** Modèle de circulation des fluides au sein d'un système hydrothermal d'un volcan actif (Finizola (2002))
- Figure 02** Schéma de la circulation des eaux thermales ; Thermosiphon (Houha 2007)
- Figure 03** Coupe longitudinal de la circulation des eaux thermales (Carfantan 1992, révisé 2003)
- Figure 04** Application locale de boues thermales (Eau thermale + Montmorillonite)
- Figure 05** Le bain d'eau thermoménérale
- Figure 06** Le bain local
- Figure 07** La douche au jet
- Figure 08** La douche sous immersion à haute pression
- Figure 09** La piscine des thermes
- Figure 10** carte de situation géographique de Hammam Essalihine, Khenchela
Source : extrait de la carte géologique de khenchela au 1/50000 (sonatrach., 1997)
- Figure 11** image satellite de hammam salhin
- Figure 12** la source de hammam Elsalhine
- Figure 13** image satellite de Hammam kenif
- Figure 14** Hammam Essalihine vue générale
- Figure 15** carte géologique de Hammam Essalihine, Khenchela
Sources : extrait de la carte géologique de khenchela au 1/50000 (sonatrach.1997)
- Figure 16** carte géologique de Hammam Elkenif, Khenchela
Sources : extrait de la carte géologique de khenchela au 1/50000 (sonatrach.,1997)
- Figure 17** Précipitation mensuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010).
- Figure 18** Précipitation annuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010)
- Figure 19** Température mensuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010)
- Figure 20** température annuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010)
- Figure 21** Diagramme Embrothermique de Khenchela (2001-2010)
- Figure 22** carte satillite de Hammam Challala
- Figure 23** Cascades de Hammam Chellala Guelma
- Figure 24** La Source thermale de Hammam Chellala Guelma
- Figure 25** carte géologique de Hammam Maskhoutin (p. Deleau 1938)
Sources : Extrait de la carte géologique de Hammam Meskhoutine au 1/50 000
- Figure 26** Diagramme embrothermique de Guelma, (2001-2010)
- Figure 27** Échantillonnage Lorsque la température élevée
- Figure 28** Multi-paramètres, Consort C931
- Figure 29** Instrumentation dans l'UV/Visible
- Figure 30** Spectrophotomètre DR 2800
- Figure 31** Poste de travail équipé pour l'analyse d'eaux thermales : spectrophotomètre DR 2800 avec thermostat LT 200, pipette et tests en cuves
- Figure 32** Principe de system de mesure rotatif par spectrophotomètre DR 2800
- Figure 33** laboratoire d'analyse
- Figure 34** Malet de mesure de Potassium (K+) et Sodium (Na+) avec bandelettes-test
- Figure 35** Diagramme de Ppier
- Figure 36** température mesurée des trois sources
- Figure 37** pH mesuré des trois sources
- Figure 38** la conductivité électrique mesurée des trois sources
- Figure 39** Analyses chimiques en éléments majeurs (mg/l)
- Figure 40** Diagramme de Piper, Représentations les faciès chimique

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 01** Orientations du thermalisme et indications les plus fréquentes
- Tableau 02** **Précipitation moyenne mensuelle et annuelle de la station de kenchela d'une période de 10 ans (2001-2010)**
- Tableau 03** Temperature moyenne annuelle à la station de Kenchela (2001-2010)
- Tableau 04** classification des eaux étudiées, selon leur température
- Tableau 05** Analyses chimiques en éléments majeurs (mg/l)
- Tableau 06** Diagramme de Piper, Représentations les faciès chimique

Résumé

L'Algérie est l'un des pays qui compte le plus de sources thermale au niveau mondial, Le recours à l'action curative des eaux thermales est une tradition plus que millénaire en Algérie. Autrefois mise en valeur par les Romains, elles sont aujourd'hui pour la plupart d'entre elles laissées à l'abandon. Les plus réputées en termes de qualité et de beauté à **l'Est de l'Algérie**.

L'objectif de cette étude est de caractériser l'hydrochimie des sources thermale par la mesure des paramètres physico-chimique des eaux pour caractériser le faciès chimique, afin de valoriser ces sources pour les utiliser dans la thérapéute , très utile pour les pays en voie de développement comme l'Algérie.

Cette étude est une contribution à l'étude de sources thermales de l'est algérien, afin de comparer, classer et valoriser les eaux thermales à des fins curatives par ce que les cures thermales ont une valeur thérapeutique indiscutable.

A partir de la représentation graphique du diagramme de Piper l'eau de hammam Chellala est de nature **chlorurée sodique et sulfaté**, eaux de Hammam El Salihine sont de nature **Chlorurées sodiques et potassiques**, comme celles de Hammam El Kenif sont fiable pour Rhumatologie, Enfants, Respiratoire, Rhumatologie, Dermatologie, Stomatologie, Neurologie, les techniques thermales sont très nombreuses. Il peut s'agir de cures de boisson, de cures externes, de bains, de douches, d'applications locales thermales, d'utilisation de vapeur ou de gaz thermal, de boues (peloïdes).

Mots clés : Khenchela-Guelma- eau thermale- hydrochimie -faciès chimique- cure thermale-vertus thérapeutique.

Abstract

Algeria is one of the countries with the largest thermal sources in the world, The use of curative thermal waters is a tradition over a thousand years in Algeria. they are today for most of them abandoned. The most famous in terms of quality and beauty to the east of Algeria.

The objective of this study is to characterize the hydrochemistry of thermal sources by measuring physico-chemical of water to characterize the chemical profile in order to develop these sources for use in the therapist, useful for countries development such as Algeria.

This study is a contribution to the study of thermal springs in eastern Algeria, to compare, classify and value the thermal waters and curative purposes in thermal cures that have therapeutic value indisputable.

From the graphical representation of the Piper diagram of water steam in hammam Chellala is likely sodic chlorinated and sulfated waters of Hammam El Salihine are likely sodium chloride and potassium, like those of El Hammam Kenif are reliable for Rheumatology, Children, respiratory, Rheumatology, Dermatology, Dentistry, Neurology, and thermal techniques are numerous. It may be drinking cures, cures external baths, showers, hot local applications, use of steam or thermal gas, mud.

Keywords: Khenchela-Guelma-thermal water- hydrochemistry- chemical facies-spa-therapeutic virtues.

تعتبر الجزائر واحدة من البلدان التي لديها أكبر مصادر المياه الحرارية في العالم، واستخدام المياه الحرارية العلاجية هو تقليد له أكثر من ألف سنة في الجزائر. اكتشفها سابقا الرومان، لكن معظمها الان مهجور. الاكثر شهرة من حيث الجودة والجمال في الشرق الجزائر

والهدف من هذه الدراسة هو تحديد خصائص الكيمائية للمصادر الحرارية عن طريق قياس خصائص المياه الفيزيائية والكيمائية من أجل تطوير هذه المصادر لاستخدامها في العلاج الطبيعي و تطوير السياحة المائية في الجزائر

هذه الدراسة مساهمة في دراسة الينابيع الحرارية في شرق الجزائر، لمقارنة وتصنيف وتقوي المياه الحرارية وأغراضها العلاجية في علاج عدة امراض هذه المياه لها قيمة علاجية كبيرة جدا

من تمثيل مخطط بايبر نلاحظ مياه حمام الشلالة سوديك بالكلور ومكبرت و حمام الصالحين سوديك بالكلور والبوتاسيوم، مثل حمام الكنيف يمكن الاعتماد عليها لأمراض الروماتيزم، الأطفال، الجهاز التنفسي، وأمراض الروماتيزم، والأمراض الجلدية، طب الأسنان، طب الأعصاب، تقنيات حرارية كثيرة. هذا قد يكون بالشرب ، او الاستعمال الخارجي، والاستحمام، والتطبيقات المحلية الساخنة، واستخدام البخار أو الغاز الحرارية، والطين.

كلمات البحث: خنشلة، قالمة، المياه الحرارية، هيدروكيميا، التدليك العلاجي، الفضائل العلاجية.

Introduction générale

L'Algérie est l'un des pays qui compte le plus de sources thermale au monde, le recours à l'action curative des eaux thermales est une tradition plus que millénaire en Algérie. Autrefois mise en valeur par les Romains, elles sont aujourd'hui pour la plupart d'entre elles laissées à l'abandon. Les plus réputées en termes de qualité et de beauté **à l'Est de l'Algérie** sont les suivantes :

- ❖ **Hammam Essalihine de Khenchela** qui dispose de plusieurs bassins d'eau chaude et dont l'architecture romaine unique lui donne une allure antique. Situé dans les montagnes des Aurès, et l'une des plus belles sources en Algérie.
- ❖ **Hammam Chellala de Guelma** dont l'arrivée en eau chaude se fait par le biais d'une cascade. Il est avec le hammam Essalihine les hammams les plus chauds en Algérie et la deuxième source d'eau la plus chaude (97°) au monde après celles d'Islande.

La thérapie par les eaux de source est vieille comme le monde - ou presque - puisque les Romains profitaient déjà ces vertus, les recherches scientifiques menées sur les eaux thermales sont d'un grand intérêt.

En effet, ces recherches sont basée sur diverses scientifiques, ont permet d'apprécier le phénomène de thermalisme comme phénomène naturel et de définir l'origine des eaux dites thermales ainsi que leur zones d'alimentations et leur processus d'acquisition de la température et de la minéralisation.

Les sources thermales de l'est algérien est un exemple, pour lequel l'exploitation de la source permet d'avoir à disposition un jeu de données relativement conséquent.

trois points chauds répartis dans la zone d'étude et dont la température à l'émergence est supérieure à 40 °C ont fait l'objet de notre travail. Des mesures physico-chimiques et ont été effectuées sur terrain ainsi que des prélèvements destinés aux analyses chimiques en éléments majeurs.

Ce travail est une contribution à l'étude des cures thermales dans l'est algérien pour mettre en évidence l'importance thérapeutique des eaux thermales.

L'objectif de cette étude est de déterminer la composition chimiques et les paramètres physiques de l'eau thermale de cette source afin d'expliquer l'effet thérapeutique.

Problématique de l'étude et objectif

Les ressources thermales de l'est algérien est un exemple, pour lequel l'exploitation de la ressource permet d'avoir à disposition un jeu de données relativement conséquent.

Les éléments de compréhension, amenés par cette étude, serviront de bases pour répondre aux questions de ces acteurs.

Ces questions concernent non seulement des aspects pratiques :

Envers les curistes et la population locale et qui peuvent se résumer ainsi :

Pourquoi une ressource thermique de cette nature existe-t-elle ?

- Quelle est l'origine de ces eaux ?
- Quel est le mécanisme qui permet leur réchauffement ?
- Quel est le mécanisme qui permet de définir le traitement des maladies
- Quelle est le rôle facies chimique des eaux dans l'identification du traitement ?
- Quelle est est les techniques de traitement qu'on peut appliquer dans hammam el salihin Khenchela et Hammam Dbegh Guelma?

Pour pouvoir répondre à cette problématique, notre démarche a été fondée sur deux principaux axes : axe théorique et axe pratique.

Dans la partie théorique, le premier chapitre sera consacré à cerner, d'une part, les Concepts de base d'eau thermique, à présenter l'historique est définition, à définir le parcours des ces eaux et son classification et le thermalisme en Algérie.

Le second chapitre traitera les principales vertus et techniques thérapeutique des eaux thermales.

Le troisième chapitre traitera La zone d'étude notamment la géographie, géologie, et le climat.

Dans la partie pratique, une première partie sera réservée en premier lieu à la méthodologie de travail, la présentation ensuite la technique de l'échantillonnage, présentation de matériels utilisé soit in situ ou au laboratoire. Enfin, la deuxième partie présentera les résultats d'analyse et l'interprétation des ces résultats, notamment les techniques thérapeutiques.

-L'objectif de cette étude est de déterminer la composition chimiques et les paramètres physiques et de l'eau thermique de trois sources, et confirmer les études précédentes en termes de faciès chimiques, afin d'expliquer l'effet thérapeutique et comment la composition chimique des eaux et un facteur principale pour déterminé le mode ou la technique de traitement.

Méthodologie de l'étude

Comme tout travail qui se dit scientifique, la recherche documentaire a été la première étape de ce travail, ensuite se suivent les travaux de terrains (échantillonnage). L'analyse et l'interprétation des données obtenues ont constitué la dernière phase de ce mémoire.

❖ La recherche documentaire.

Cette recherche a débuté par la revue de la littérature existante en rapport avec le sujet et nous a conduits à la visite des locaux de bibliothèques universitaires, et de la Banque de données de direction de tourisme de la wilaya, aussi l'accueil des complexes thermales de la zone visitée, et les directions de météo.

Cette recherche est complétée par la lecture des thèses, mémoires, livres, revues, journaux et surtout par l'utilisation de l'internet.

❖ L'échantillonnage

Nous avons procédé sur le terrain à l'échantillonnage d'ouvrages des sources thermales. L'échantillonnage (mois d'avril 2012) s'est déroulé en deux phases :

- ❖ Pour les paramètres physiques, nous avons mesuré in situ avec un multi-paramètre du laboratoire de Biologie pour relever la température, le pH et la conductivité électrique de l'eau à analyser.
- ❖ Pour les paramètres chimiques, nous avons procédé à l'étiquetage des bouteilles en polyéthylène et au prélèvement de l'eau de chaque source.

Ensuite nous avons analysé les eaux et de tirer des résultats puis l'interprétation.

❖ Le traitement de l'information

Il s'est fait avec les logiciels de traitement de texte (Microsoft Word), le tableur Excel, le logiciel **Google Earth** pour la cartographie et le logiciel **DIAGRAMME** pour les faciès chimiques.

CHAPITRE I

Généralités Sur les eaux thermales

Le chapitre I a fourni, en termes généraux, la description de bilan des connaissances autour de l'hydrothermalisme en général puis en Algérie en particulier. La synthèse bibliographique comme l'étude des définitions, la classification permet de définir plus précisément le point de départ, aussi il a été jugé bon d'inclure ici des notions préliminaires sur les modes de fonctionnement des systèmes thermaux, d'expliquer comment les dites eaux thermales trouvent contenues.

I.1. Historique

Les **Grecs** sont les précurseurs des canons de beauté, déjà à cette époque, il fallait que tout soit beau, grand et fort. Les Thermes étaient donc des monuments énormes qui représentaient la richesse de la cité. On pouvait y accueillir jusqu'à 1000 personnes en même temps. Dans les Thermes, il y a quatre sections, l'entrée, une pièce à l'eau tiède, une à l'eau chaude et l'autre à l'eau froide. ^[1]

Dès la chute de l'Empire **Romain**, les thermes furent abandonnés et détruits. Accordant de l'importance à l'hygiène corporelle, les Arabes renouèrent avec les sources thermales sans en faire un cadre de vie comme les Romains. Hammam (bain chaud) est la dénomination donnée à l'ensemble des sources fréquentées. Ain dénomme une source : Ain Melha (source salée), Ain Kebrit (source soufrée). ^[2]

L'histoire des bains dans l'Antiquité commence avec le gymnase grec. Avec l'introduction des zones d'eau et bains pour l'hygiène dans le programme, le gymnase prend un contexte social et architectural primordial dans les premières formes de bains communales dans l'Antiquité.

Les zones d'eau deviendront la partie fondamentale dans les gymnases non seulement pour se nettoyer mais pour prendre du plaisir et se détendre avant et après l'exercice physique. ^[3]

Dans la culture **islamique**, l'homme peut être revitalisé de diverses façons : par la purification de quelques organes du corps, par la prière ou par les bains, Le hammam est considéré comme complémentaire à la mosquée, Les Turcs ont également accordé aux hammams une attention particulière. Ils construisirent dans les villes plusieurs bains disposant d'installations permettant un stockage de l'eau de source pouvant être chauffée à la demande et distribuée à l'intérieur.

En **Algérie**, Le recours à l'action curative des eaux thermales est une tradition plus que millénaire, la présence de trois petites stèles à Hammam Meskhoutine remonte à la période punique. En Mauritanie césarienne, huit cités furent construites autour des sources : AquaeMauretaniae césariennes (Hammam Righa), AquaeAlbae en Mauritanie Sétifienne, AquaeNumidiae (route d'Hippone – Carthage), Aquae Sirenses (Hammam Bou-Hanifia), AquaeThibilitanae (Hammam Meskoutine), Khenchela Aquae Romanique.

Aujourd'hui on respecte encore les vertus de l'eau et on améliore son utilisation, devenu très médicalisé et énergétiques en Algérie.

[1] **L. Roux**, « Le thermalisme européen au XVIIIe siècle Étude comparative de quelques villes d'eaux. France, Angleterre, Belgique, Suisse, Italie, Allemagne », p 349, 2009.

[2] **M. Boughlali**, « Thermalisme et thalassothérapie en Algérie », Presse thermale et climatique, vol. 140, p. 161-165.

[3] « Histoire des thermes et du thermalisme ». [Online]. Available: <http://www.athenaeum.ch/thermes.htm>.

[Accessed: 01-mai-2012]

I.2. Etymologies et définition

I.2.1. Etymologies

Le mot thermale vient du grec ancien θερμός ou thermos signifie « chaud ».^[4], Syntagme (nom + déterminant adj.) d'usage fréquent. L'adjectif thermal (dérivé de thermes, lat. Termae, du grec thermos, chaud naturelle), d'après le Dict. de Castany et Margat. Eaux thermales est attesté en 1735, dans la traduction française de la Géographie physique de l'anglais Woodward.^[5]

I.2.2. Définition

Il s'agit d'une eau dont la température est supérieure à la température moyenne des eaux de la nappe de la région. En général, la température des eaux régionales est très proche de la température moyenne annuelle de l'air dans cette même région. La température des eaux du sol et du sous sol suivent les variations de la température de l'air avec un décalage temporel et un amortissement qui augmente avec la profondeur. Au delà de 1.50 m les variations temporelles sont assez faibles et rapidement en dessous de cette profondeur, la température peut être considérée comme constante (sauf cas particulier comme certains systèmes karstiques).

Donc les eaux thermales sont des eaux dont la température est supérieure à cette valeur régionale, on distingue les eaux thermales de basse enthalpie, moyenne et de haute enthalpie.^[6]

A travers ces différentes définitions, la définition de H. Schoeller (1958) semble la plus vraisemblable ; il définit l'eau thermale toutes 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 au contact avec différentes couches géologiques sous l'influence de la température de l'air.

[4] C. (Eustache M. P. M. A. M.), Encyclopédie moderne, ou, Dictionnaire abrégé des sciences, des lettres et des arts: avec l'indication des ouvrages ou les divers sujets sont développés et approfondis. Chez Mongie Ainé, 1831

[5] « EAU THERMALE ». [Online]. Available:

<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/FRDIC/DICEAUTH.HTM>. [Accessed: 07-mars -2012].

[6] Cours sur les eaux thermales (Vincent VALLES), université d'avignon, laboratoire LHA, 2011, France.

I.3. La Classification des eaux thermales

I.3.1. 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 :

➤ **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.

➤ **Eaux métriothermales**

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

➤ **Eaux mésothermales**

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

➤ **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 (**Issaâdi, 1992**).

I.3.2. 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**).

➤ **Eaux bicarbonatées**

Des eaux qui proviennent des roches calcaires et contiennent les bicarbonates. On distingue : Les eaux bicarbonatées sodiques ou bicarbonatées calciques. Ce type d'eaux facilite le traitement des différentes brûlures (exemple Hammam Abou Hanifa, Mascara) (**Dib, 2008**).

➤ **Eaux chlorurées sodiques**

Où prédomine le chlorure de sodium. Elles sont indiquées dans le traitement des troubles du développement et de l'énurésie (exemple Hammam Essalhine, Khenchela) (**Houha, 1996**).

➤ **Eaux sulfatées**

Des eaux riches en soufre. On distingue : les eaux sulfatées calciques et 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**).

I.4. L'hydrothermalisme

I.4.1. Hydrothermalisme : une thématique vaste

Le terme d'hydrothermalisme regroupe tous les phénomènes liant les circulations d'eau et leur réchauffement. Bien qu'il n'existe pas de définition précise, on peut considérer que ceci englobe trois thématiques principales de recherche : l'hydrothermalisme comme manifestation du magmatisme, la géothermie et enfin les sources thermales exploitées par les stations thermales.

Les études sur les phénomènes hydrothermaux au niveau des dorsales océaniques portent essentiellement sur les interactions fluides-roches au niveau des fumeurs noirs (**Paulick et al. 2006**) ou du plancher basaltique (**Bodeï et al. 2006**). Ces zones présentent aussi l'intérêt d'être le siège de l'apparition des premières formes de vie sur Terre (**Li et Kusky, 2007**).

Les manifestations hydrothermales sont également présentes dans les zones de magmatisme récent (Figure 01), au niveau des sites volcaniques (**Finizola, 2002, Federico et al. 2004**) avec les fumerolles ou au niveau des intrusions plutoniques avec les soffioni. La Figure 1 montre un modèle de fonctionnement des systèmes thermaux en contexte de volcanisme actif (**Finizola, 2002**). Dans ce type de contexte, les eaux vont lessiver les roches volcaniques et s'enrichir en gaz issus du magma. L'étude des manifestations hydrothermales en contexte volcanique permet, par exemple, de mettre en place des systèmes de surveillance des éruptions.

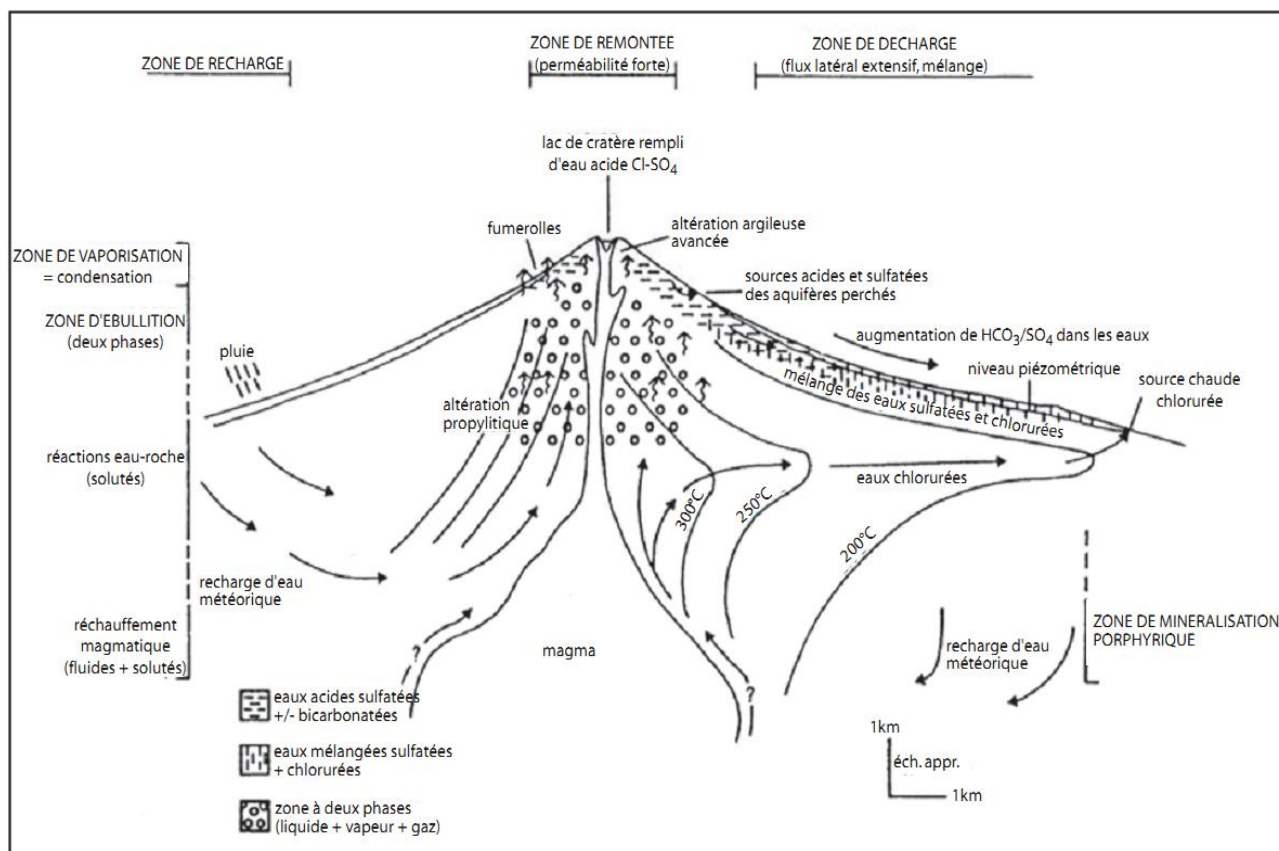


Figure 1 : Modèle de circulation des fluides au sein d'un système hydrothermal d'un volcan actif (Finizola (2002)).

I.4.2. Les modes de fonctionnement des systèmes thermaux

Le fonctionnement de tous les systèmes thermaux est marqué par 3 étapes :

- un transfert des eaux météoriques vers la profondeur.
- un réchauffement des eaux.
- une remontée rapide à la surface.

Blavoux considère que les eaux thermales sont majoritairement alimentées par les eaux météoriques et l'origine juvénile proposée par **Moret** (1946) peut donc être rejetée. Les sources thermales se différencient alors en fonction de deux critères : le mode de réchauffement des eaux et le moteur de la remontée des eaux vers la surface.

➤ Le mode de réchauffement des eaux

A partir d'environ 30 à 50 m de profondeur, la température augmente sous l'effet du gradient géothermique interne. Le gradient géothermique dépend de la valeur du flux terrestre et de la conductivité des roches.

- **Le moteur de la remontée en surface :**
- La remontée rapide vers la surface se fera par l'intermédiaire de zones de forte perméabilité telles que des failles, diaclases, filons ou contacts sédimentaires. Le moteur de cette remontée peut être de trois types :
- **La pression hydrostatique :**
- une différence d'altitude entre la zone d'infiltration et la zone d'émergence va créer une différence de charge suffisante pour faire remonter les eaux vers la surface. On parle de système en U ou de siphon.
- **La présence de gaz dissous :**
- les eaux thermales peuvent contenir des gaz dissous. Ils proviennent soit d'émissions depuis les chambres magmatiques (CO_2 , H_2 , N_2) soit de phénomènes superficiels (comme la réduction des sulfates par les bactéries par exemple) libérant de l' H_2S ou du CO_2 . La présence de ces gaz dissous va accélérer la remontée vers la surface. En effet, lorsque la pression diminue au moment de la remontée, les gaz dissous sont libérés sous forme libre et ceci provoque une diminution de densité du fluide alors constitué de deux phases, liquide et gazeuse (**Valles, 2007**).
- **La différence de densité de l'eau chaude :**
- la densité de l'eau diminue lorsque la température augmente. Ceci favorise aussi la remontée des eaux vers la surface mais constitue rarement une condition suffisante. La présence de ces gaz dissous va accélérer la remontée vers la surface. En effet, lorsque la pression diminue au moment de la remontée, les gaz dissous sont libérés sous forme libre et ceci provoque une

diminution de densité du fluide alors constitué de deux phases : liquide et gazeuse (Valles, 2007).

I.4.3. Le thermosiphon

De l'eau de pluie à sa résurgence en eau thermale, l'eau vit un parcours complexe, souvent mystérieux: descendant dans les profondeurs de la terre entre les couches géologiques, atteignant des températures élevées, circulant entre les calcaires et les granites... se frayant un chemin le long des failles... pour remonter vers la surface chargée de tous les minéraux qu'elle a rencontrée au fur et à mesure de son long voyage. [7]

Le schéma classique du circuit hydrothermal présente la structure suivante :

- ❖ Une aire d'alimentation avec infiltration d'eau météorique
- ❖ Un réseau d'infiltration ou colonne d'infiltration, vaste en volume mais à vitesse d'écoulement très lente dans lequel l'eau se minéralise ;
- ❖ Un axe vertical de collecte agissant en drain et permettant l'arrivée rapide en surface de l'eau ; au cours de cette remontée l'eau thermale conserve pour l'essentiel la température et la composition chimique acquise en profondeur

Le thermosiphon est constitué d'un circuit. La zone d'alimentation peut être située en altitude (Figure 02). A ce niveau une partie de l'eau de surface s'infiltré à la faveur d'un réseau de failles. L'eau froide et dense circule vers la profondeur où elle gagne des couches chaudes. Elle se charge en élément dissous par interaction avec les roches encaissantes, et se charge parfois en gaz. Les hautes températures accélèrent la cinétique de l'interaction eau roche (Le Maréchal 1976). [8]

Les eaux arrivent en surface au niveau d'un nœud tectonique (Figure 3), formé par l'intersection de failles profondes, puisqu'elles servent à la remontée de fluides d'origine profonde, et d'une ligne de dépression topographique, car c'est évidemment là que l'eau a plus de facilité pour s'écouler (Durozoy 1948, Villa 1977). L'eau chaude et donc moins dense remonte vers la surface en empruntant une faille. La différence de densité entre l'eau froide et l'eau chaude, la présence de gaz qui diminue la densité apparente à partir du point de bulle, sont autant de phénomènes qui facilitent la circulation de l'eau (Le De Launay, 1899). Le tronçon ascendant traverse à nouveau le remplissage alluvionnaire où l'eau pourra plus ou moins se disperser latéralement, en sources diffuses, et apparaître dans plusieurs sources. Le temps de transfert dans le circuit du thermosiphon peut être relativement long et se chiffre en dizaines de milliers d'années (Blavoux, 1995).

[7]Euro thermes - Santé Bien-être et Beauté - Édition 03-2009-page 3.

[8]Guigue S, Les sources thermo minérales de l'Algérie'', Etude géochimique, Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie, série 3, volume 2, 1947.

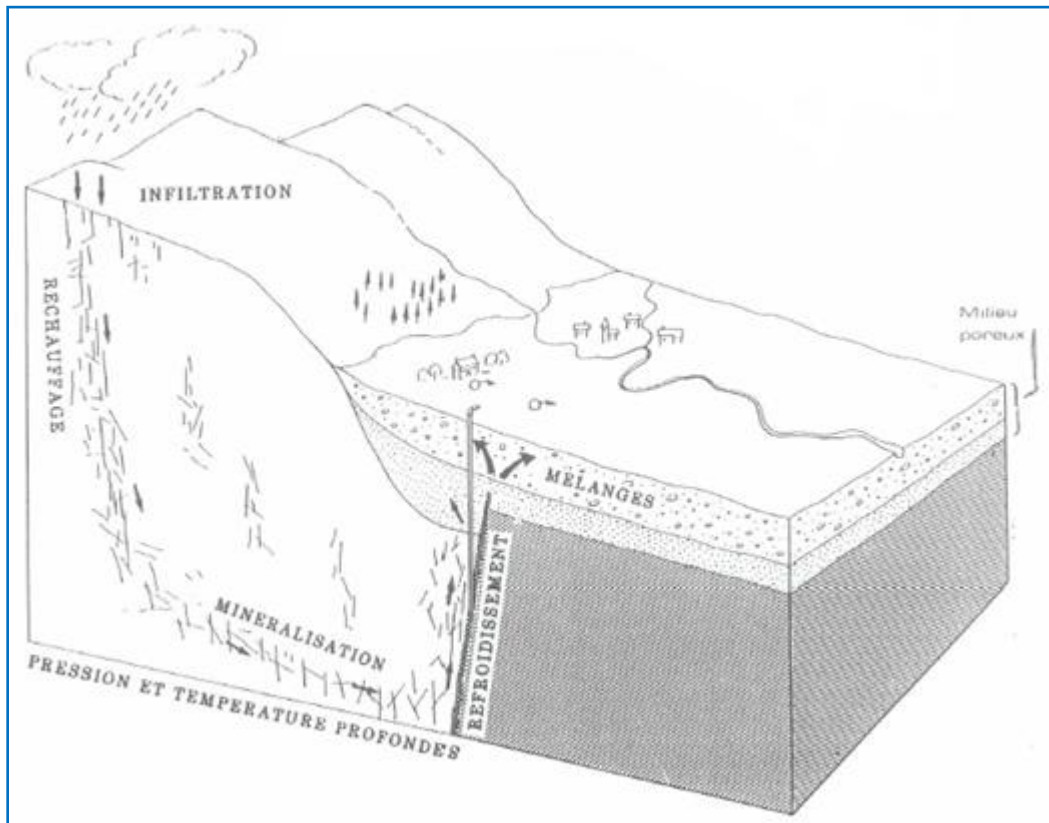


Figure 2 : Schéma de la circulation des eaux thermales ; Thermosiphon (Houha 2007)

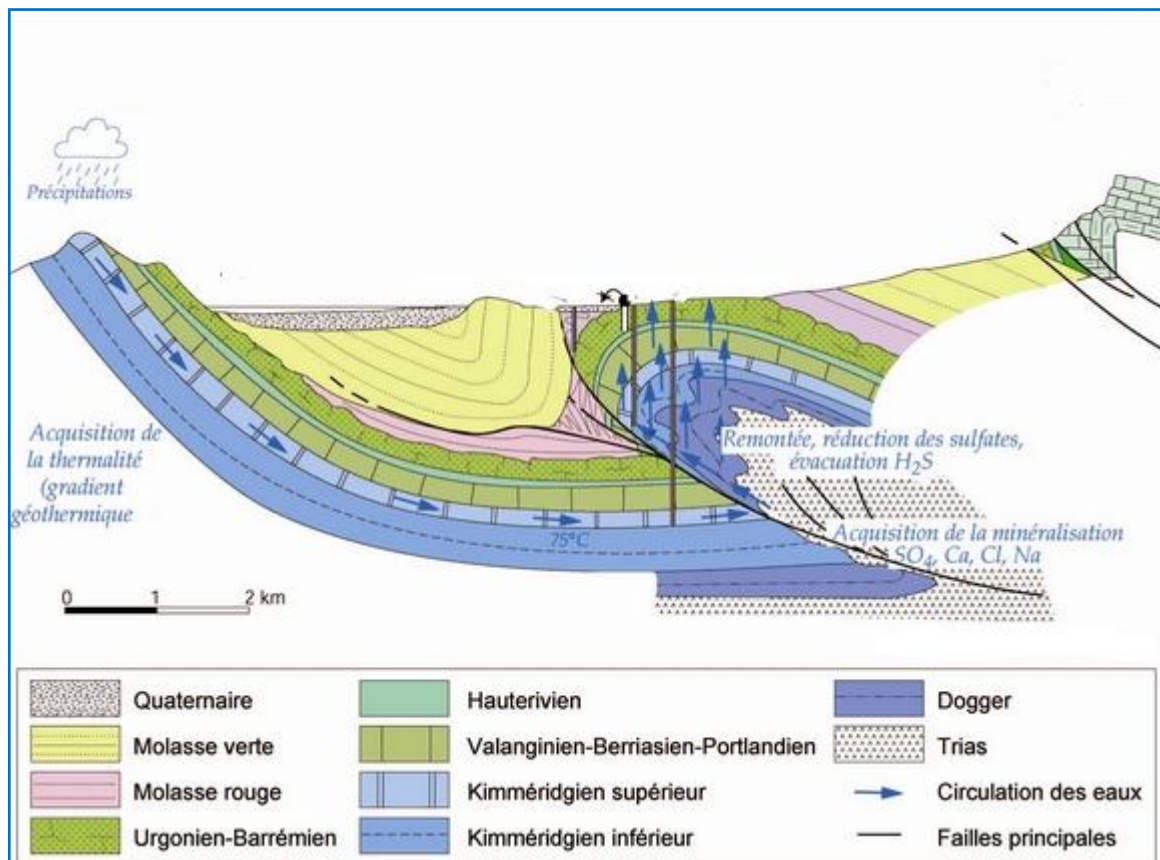


Figure 3 : Coupe longitudinale de la circulation des eaux thermales (Carfantan 1992, révisé 2003)

I.5. Les eaux thermales en Algérie

I.5.1. Généralité

La prodigieuse richesse de l'Algérie en eaux thermales est connue depuis bien longtemps et l'efficacité de ces eaux est bien établie. Des sculptures découvertes à Hammam Meskoutine établissent nettement qu'à l'époque punique un établissement balnéaire existait à cet endroit. Mais ce sont surtout les Romains qui tirèrent parti des sources thermales et minérales existant en Algérie. Les ruines multiples, dont quelques-unes sont grandioses, que l'on trouve au voisinage des sources, indiquent l'importance que les Romains ont donnée aux thermes qu'ils ont construits. L'on sait qu'ils attribuaient de grandes vertus thérapeutiques à l'usage des bains et plus spécialement des bains chauds; aussi ont-ils souvent bâti des villes importantes à proximité des établissements thermaux qu'ils utilisaient. Dans l'art de la captation et de la canalisation des eaux, ils sont restés incontestablement nos maîtres, sur cette terre africaine. ^[9]

Pendant l'occupation française, les médecins militaires, frappés de l'abondance des eaux thermales et minérales, cherchèrent à utiliser ces sources pour leurs soldats malades, fiévreux ou blessés. Sur leurs instances, le Génie Militaire répara plusieurs piscines anciennes. Des constructions en planches furent aménagées et l'on créa, autour de certaines sources, un véritable camp, où les malades et le personnel couchaient sous la tente.

Plusieurs médecins militaires s'attachèrent tout spécialement à l'étude de cette importante question. Les noms des docteurs Rotureau et Bertherand sont bien connus. Ce dernier notamment étudia et classa, dès 1860, 90 sources thermo-minérales en Algérie.

Ces travaux de recherches furent repris par le Service des mines qui indiqua 174 sources. En 1911, le Gouvernement Général de l'Algérie chargea le docteur Hanriot, professeur agrégé de la Faculté de Médecine, d'étudier, sur place, les eaux minérales, de les analyser et d'en préparer l'utilisation. Un important mémoire, abondamment illustré et publié par les soins du Gouvernement Général, fit connaître les travaux effectués par le Docteur Hanriot.

Il est juste de dire que si les Arabes n'ont rien fait pour aménager les sources et créer des piscines, ils ne méconnaissent pas pour cela l'utilité et les bienfaits des eaux minérales. Ils les ont utilisées pour suivre des cures faites à leur façon, tout en se conformant à des pratiques religieuses ou superstitieuses remontant au moyen âge. Ils brûlent des cierges en l'honneur du marabout qui est le protecteur vénéré du lieu. A proximité immédiate de chaque source, il y a presque toujours un arbre sacré " marabout ", aux rameaux duquel ils suspendent des lambeaux d'étoffes de toutes les couleurs, qui donnent à cet arbre un aspect singulier.

[9]-Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord, 1er trimestre 1922, n° 87.

Presque chaque source a sa légende particulière, mettant en lumière la puissance du marabout honoré en cet endroit et indiquant les miracles qu'il a effectués en ce lieu. Il faut ajouter que l'Arabe estime que le traitement thermal est tout aussi indiqué pour ses animaux malades que pour lui-même et les membres de sa famille. On voit donc fréquemment des animaux pelés, galeux, très bas d'état, conduits, avec une amulette au cou, dans la même piscine que les hommes.

Les Arabes ne s'intéressent qu'aux eaux minérales chaudes ; ils dédaignent les eaux minérales froides. Il y en a cependant en Algérie un bon nombre, qui pourraient être utilisées comme eaux de table et qui se perdent dans la rivière, sans que personne ne s'en occupe.

Aujourd'hui comme dans le passé les stations thermales sont très sollicitées par les algériens pour divers traitements d'ordre rhumatologique, dermatologique et psychiatrique.^[10]

Le perfectionnement général des méthodes analytiques et l'emploi de procédés physiques conduisent aujourd'hui à considérer cette conception comme insuffisante. De plus, l'avancement des études géologiques détaillées permet souvent une interprétation rationnelle des analyses chimiques. Il est en effet très important de connaître aussi exactement que possible la nature des terrains encaissants, car les eaux thermales dissolvent aisément les éléments qu'elles rencontrent pendant leur circulation souterraine. Comme la détermination de leur provenance est des plus ardues, il convient en l'occurrence, de ne négliger aucun élément d'information. Cependant l'Algérie n'a pas encore réalisé dans le domaine de l'étude des eaux thermales, une coordination comparable à celle de la Métropole.^[11]

I.5.2. Classification selon les régions

La répartition des eaux thermales, en Algérie, est très irrégulière. Ces sources augmentent en nombre au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'est. Cette répartition semble suivre celle des gîtes métallifères. C'est ainsi que l'on compte une vingtaine de sources minérales dans le département d'Oran, environ 40 dans celui d'Alger et 150 dans le département de Constantine. Le service des Mines a classé les sources des trois départements en sources sulfureuses, ferrugineuses, alcalines, salines, chlorurées sodiques, sulfatées, ferrugineuses, carbonatées sodiques. Cette classification n'a d'ailleurs rien d'absolu et le classement de certaines sources peut varier selon l'importance que l'on attache à tel ou tel sel minéralisateur.

Dans une étude aussi sommaire sur l'Algérie, il est impossible de passer en revue toutes les richesses thermo-minérales de la colonie.^[12]

[10]OUALI. S, Les sources Thermales en Algérie, CDER, Division Energie Solaire Thermique et Géothermie, série 10 , volume 1, 2006.

[11] « Le Chasseur Français N°650 Avril 1951 Page 245 ». [Online]. Available: <http://perso.numericable.fr/mobriant/articles/1951/1951245B.htm>. [Accessed: 18-mai-2012].

[12]Boughalali M, Thermalismes et thalassothérapie en Algérie'', communication, Revue la Presse thermale et climatique 2003, pp 140,165. Société française d'hydrologie et de climatologie médicale, 2003.

CHAPITRE II

Les Vertus Thérapeutiques de thermalisme

‘la médecine que la terre nous a donnée’

II.1. Le thermalisme à travers l'histoire :

S'il est une pratique ancestrale, c'est bien le thermalisme. Si le mot lui-même est dérivé du mot « thermes », du latin « thermos » qui signifie « chaud », le fait d'utiliser l'eau minérale à des fins thérapeutiques date quant à lui de l'époque gallo-romaine.

D'après Queneau et al. ^[13], les premiers témoignages de l'Histoire Thermale, c'est-à-dire l'utilisation des eaux chaudes à usage médical, datent de 3 000 ans avant J.C., et ce sur plusieurs continents: des traces du thermalisme ont été retrouvées en France, en Italie, en Grèce, en Égypte ... Les principes de la crénothérapie, à savoir le traitement par des eaux médicinales sur le lieu d'émergence de ces eaux, furent posés dès 400 ans avant le. Par Hérodote.

Celtes, Gaulois, et Romains se sont succédé pour goûter aux bienfaits des eaux ^[14] Cependant, c'est avec l'occupation romaine que les constructions des "Thennes" se multiplient dans toute la Gaule. Après une longue période d'oubli pendant le Moyen âge, le thermalisme renaît au dix-huitième siècle. C'est en 1604, sous l'impulsion d'Henri IV, que fut inaugurée la première Charte des eaux minérales.

Au fil des siècles et des guerres, les stations thermales se modernisent pour accueillir les soldats qui viennent y soigner leurs blessures. Sous le Second Empire, avec l'avènement du chemin de fer, les villes d'eaux se multiplient, les stations thermales connaissent un véritable essor tant sur le plan médical que sur le plan architectural. Elles accueillent dans leurs palaces une société brillante, notamment de nombreux étrangers; ceux-ci sont attirés par l'animation culturelle des villes d'eaux autant que par leur réputation médicale.

Au vingtième siècle, la première guerre mondiale génère un grand nombre de blessés: leurs blessures sont soignées dans les établissements thermaux, et une charte des cures hydrominérales de guerre est alors mise en place.

Peu à peu, les propriétés thérapeutiques des sources ont été reconnues, reconnaissance qui a abouti, en 1950, à la prise en charge des soins thermaux par la Sécurité sociale.

L'Islam impose comme rituelle, l'obligation de pureté hygiénique. Aussi avec l'extension de l'Islam, L'usage des hammams se répandit rapidement dans l'ensemble des pays gagnés par la nouvelle foi. Dans les villes musulmanes, on se mit à en construire un grand nombre et chaque rue possédait un ou deux hammams. Le moindre petit village avait un établissement de bains à côté de la mosquée. Les sources thermales furent, bien sûr, méthodiquement exploités.

D'après **Ibn Khaldoun, El Khatib** assure qu'au temps du calife Al Ma'moun, au Xe siècle, il y avait 65.000 bains publics à Bagdad qui comptait alors une population de un million d'habitants. L'Espagne musulmane nous a légués quelques vestiges de «Bains arabes», notamment El Hama de

¹³Queneau P., Boulangé M., Françon A., Graber-Duvernay B., Laroche c., Oudot J., Roques C. Médecine Thermale, faits et preuves, Abrégé Masson, 2000

¹⁴Neuzi I E., Guerrerro D. , Wallach D. Effets biologiques de l'eau thermale d'Avène, Laboratoires Pierre Fabre, 2002

Aragon, El Hama de Grenade et Al Hama de Murcia. Cordoue qui conserve les restes des «Bains arabes» comptait, assure les historiens espagnols 300 bains du temps de son âge d'or musulman.¹⁵

Le thermalisme en **Algérie** n'est pas un phénomène de l'époque contemporaine. L'usage des eaux thermales dans un but thérapeutique remonte à la nuit des temps. Déjà, les Romains avaient su "domestiquer" les eaux qui jaillissaient du sous-sol, de manière certes archaïque, car dépourvue de base scientifique. Il reste cependant qu'ils furent les premiers à nous donner la preuve historique de leurs vertus curatives.

L'histoire nous apprend en effet que les Romains en peuplant les régions d'Afrique du Nord, découvriront des norias de griffons (ou points d'émergence d'une source). C'est ainsi qu'ils s'établiront dans l'environnement immédiat des thermes et y bâtiront des "tépidariums" (salles de thermes à température tiède) ainsi que des "caldariums"(salles de bains chauds et de vapeurs thermales)^[16]

II.2. Définition

Selon le Professeur Christian-François: Le thermalisme, la médecine que la terre nous a donnée.

Le thermalisme : Est l'utilisation thérapeutique des propriétés de certaines eaux minérales thermales pour guérir ou soulager des personnes souffrant d'affections diverses. L'ensemble des moyens médicaux, sanitaires, administratifs, sociaux et d'accueil est mobilisé pour l'utilisation des eaux minérales, des gaz thermaux et des boues thermales à des fins thérapeutiques : on parle de thérapie thermique ou crénothérapie.

La médecine thermique est naturelle par définition. C'est une médecine douce, complémentaire et constitue une alternative aux autres soins médicaux.^[17]

¹⁵Hani Abdelkader, Le thermalisme en Algérie entre légendes et histoire, 2ème partie, Le thermalisme dans la société musulmane

¹⁶Fethi MERAD BOUDIA, Thermalisme et Tourisme de Santé Retour aux Sources, Escal tourisme magazine,48P

¹⁷ Christian-François Roques, le thermalisme, la médecine que la terre nous a donnée

II.3. Les principales indications du thermalisme

Tableau 1 : Orientations du thermalisme et indications les plus fréquentes (Pol poff., 1992).¹⁸

Orientation	Indications fréquentes
Rhumatologie et traumatismes ostéoarticulaires	Rhumatismes chroniques Arthrose Tendinites Lombalgies Rachis opérés et imparfaitement soulagés Séquelles de traumatismes ostéo - articulaires
Voies respiratoires et affections ORL (enfants dès 3 ans)	Rhinites Otites séreuses Sinusites Pharyngites Asthme Bronchites chroniques Dilatation des bronches
Gynécologie	Algies pelviennes
Phlébologie	Insuffisance veineuse Séquelles de phlébites Cicatrisation des ulcères veineux Diminution des lymphœdèmes
Maladies cardio- artérielles	Artérite des membres inférieurs Hypertension artérielle Angor chronique Syndrome de Raynaud
Maladies de l'appareil digestif et métabolique	Colopathies fonctionnelles Troubles fonctionnels de la digestion Pathologies organiques (colites inflammatoires, maladie de Crohn, recto-colite hémorragique) Diverticulose intestinale Obésité Surcharge pondérale Hyperlipidémies Diabète Goutte
Maladies de l'appareil urinaire	Prévention des récurrences de lithiase urinaire Infections urinaires récidivantes

¹⁸ "CAMOMILLE NOBLE." [Online]. Available: <http://www.pharmaciengiphar.com/CAMOMILLE-NOBLE.html>. [Accessed: 22-Jun-2012].

	Prostatite récidivante
Neurologie Névrites	Polynévrites Séquelles de zona Hémiplégie Maladie de Parkinson
Affections psychosomatiques	Anxiété Somatisation Asthénie Troubles du sommeil Dépression chronique
Dermatologie	Eczéma de l'adulte et de l'enfant Psoriasis Cicatrices hypertrophiques de brûlures Prurit Urticaire rebelle

II.4. Principales indications et contre-indications des cures thermales

II.4.1. Indications

En rhumatologie, les cures thermales s'appliquent à toutes les affections rhumatologiques chroniques ainsi qu'aux séquelles de traumatismes ostéoarticulaires.

L'arthrose, tout particulièrement la gonarthrose, la coxarthrose, l'arthrose digitale mais également les lombalgies, peuvent être une indication à des cures thermales. Les rhumatismes inflammatoires, qu'il s'agisse de la polyarthrite rhumatoïde, de la spondylarthropathie, du rhumatisme psoriasique peuvent également être des indications.¹⁹

II.4.2 Contre-indications

a. Contre-indications générales

Il existe des contre-indications générales :²⁰

- altérations sévères de l'état général ou affections débilitantes ;
- l'insuffisance cardiaque grave, l'hypertension artérielle labile ;
- l'insuffisance veineuse est une contre-indication à la balnéothérapie tout
Particulièrement en eau chaude ;
- les lésions cutanées non cicatrisées (plaies, escarres, eczéma) ;
- les maladies contagieuses ou évolutives ;
- les cancers récents.

¹⁹ Authier and P. Duvernois, Patrimoine et traditions du thermalisme. Editions Privat, 1997.

²⁰ P. Cazaux, "Classification chimique des eaux minérales," Précis de Pharmacologie et de Thérapeutique Hydrominérale des Principales Stations Thermales Françaises, vol. 1, pp. 21–30, 1964.

b. Contre-indications spécifiques

Il existe des contre-indications spécifiques aux rhumatismes inflammatoires :

- un traitement immun modulateur ou immunosuppresseur en cours (risque d'infections opportunistes potentiellement sévères) ;
- une poussée inflammatoire.

II.4.3. Les orientations thérapeutiques des eaux thermales

On compte six groupes d'eau, ainsi répartis :²¹

a. Les eaux sulfurées

(forte présence d'acide sulfhydrique) ont un taux élevé en soufre qui opère une action curative sur les muqueuses où se développent généralement les infections chroniques. Ces eaux sont utilisées dans la lutte contre les maladies des voies respiratoires telles que l'asthme ou les bronchites.

b. Les eaux sulfatées

(à forte teneur en soufre) sont indiquées dans les affections du rein et dans certaines maladies métaboliques (avec les eaux sulfatées dites calciques). Mixtes (à la fois calciques et magnésiennes), elles sont également préconisées pour le traitement des eczémas et des séquelles liées aux brûlures.

c. Les eaux chlorurées,

dans lesquelles on trouve une forte concentration de chlorure de sodium, proviennent généralement de gisements de sel gemme. Elles ont un effet stimulant sur la croissance et sont indiquées dans le traitement des troubles du développement et de l'énurésie.

d. Les eaux bicarbonatées,

Contiennent quant à elle du bicarbonate. Sodiques, elles facilitent le traitement de certaines affections gastro-intestinales et hépatobiliaires. Elles régularisent la motricité du tube digestif et atténuent les spasmes. Elles ont également une action cicatrisante sur la muqueuse intestinale, Calciques, elles ont un effet anti-inflammatoire, apaisant et cicatrisant en dermatologie, notamment dans le traitement de l'acné et des brûlures.

e. Les eaux à minéralisation spéciale

Sont riches en cuivre, en fer ou encore en arsenic. Cuivrées, elles sont indiquées dans les traitements dermatologiques. Riches en fer, elles le sont dans certains traitements de l'anémie. Contenant de l'arsenic, elles sont préconisées contre toutes les allergies. De façon générale, ces eaux renforcent le système immunitaire.

²¹ O. K. Hakam, A. Choukri, J. L. Reyss, and M. Lferde, "Comparaison des activités des isotopes de l'uranium et du radium dans quelques échantillons d'eau de puits et de sources thermales au Maroc," *Revue des sciences de l'eau*, vol. 13, no. 2, 2000

Certaines eaux hyperthermales (chaudes), de composition différente, ont un effet décontractant et calmant sur les douleurs rhumatismales et sont anti-inflammatoires en gynécologie.

Le jaillissement des eaux minérales peut s'accompagner de l'émission de gaz, souvent en quantité considérable.

f. Les gaz thermaux

Sont doués de propriétés thérapeutiques qui leur sont propres. Ils peuvent donc être utilisés dans le cadre d'une cure thermale, en même temps que l'eau minérale. Ce sont des gaz chargés en soufre ou en gaz carbonique, utilisés surtout dans le traitement des maladies chroniques des voies respiratoires, des maladies cardio-artérielles et en phlébologie.²²

II.5. Les techniques des soins thermaux

On peut répartir en 3 catégories les soins prodigués dans le cadre d'une cure thermale. Présentation non exhaustive des soins dispensés dans tous les établissements.

II.5.1. les boues thermales.

- Matures ou non, appliquées en cataplasme ou en bain, les boues sont le produit de la précipitation d'une eau minérale ou du mélange d'une eau minérale avec un matériau solide, comme le limon ou l'argile. Les propriétés varient d'une boue à l'autre.

En cataplasme, la boue est appliquée sur tout le corps ou sur des zones à traiter tout particulièrement, généralement pendant une quinzaine de minutes. Sa température est supérieure à celle du corps, pour permettre les transferts cutanés. Après refroidissement de la boue, le corps est enveloppé dans un drap puis une couverture pendant 10 minutes : il s'agit de la sudation en cabine. L'augmentation de température déclenche alors 2 mécanismes : l'hypersudation et la dilatation des vaisseaux²³

En bain, la boue circule dans un circuit de stérilisation qui en assure l'hygiène et la qualité. Les curistes circulent dans des bassins, profitant de l'apesanteur.

²² J. Penez, Dans la fièvre thermale: la Société des eaux minérales de Châtel-Guyon (1878-1914): réussite et expansion d'une entreprise thermale, vol. 3. Pu Blaise Pascal, 1994.

²³ E. Bazin and E. C. E. Maurel, Leçons sur le traitement des maladies chroniques en général et des affections de la peau en particulier: par l'emploi comparé des eaux minérales de l'hydrothérapie et des moyens pharmaceutiques. Adrien Delahaye, 1870.

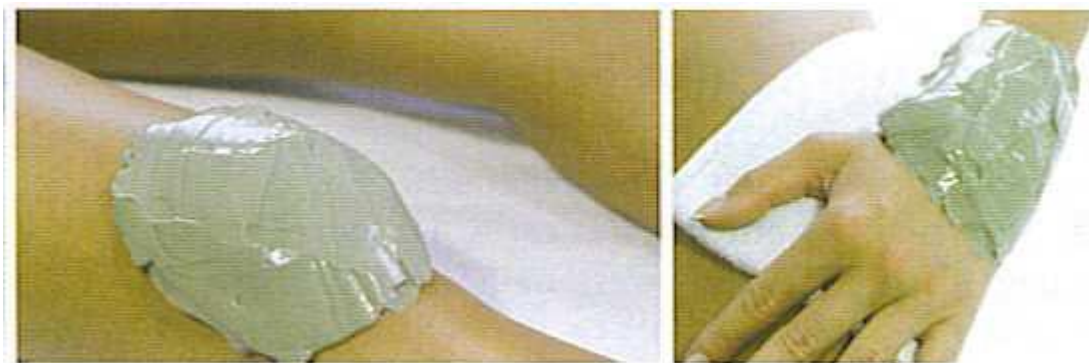


Figure 04 : Application locale de boues thermales (Eau thermale + Montmorillonite)

II.5.2. Les bains thermaux.

- Concentrés sous le terme de « balnéothérapie », ils sont à la base des cures, que ce soit en baignoire ou en bain local. Généralement, le curiste bénéficie d'un bain quotidien lors de sa cure thermale. Froid, il active la circulation sanguine. Chaud, il soulage les articulations douloureuses. Dans les deux cas, il constitue un moment de détente et de relaxation privilégié.

II.5.3. Le bain d'eau thermominérale :

il permet la mise en contact de l'épiderme avec les agents actifs de l'eau, pour assurer une pénétration directe et immédiate des éléments dans l'organisme. En plus de ces échanges chimiques avec le corps, le bain d'eau minérale a une action vasodilatatrice et antalgique lorsque sa température est élevée.²⁴



Figure 5 : Le bain d'eau thermominérale

II.5.4. Le bain avec douche en immersion :

il consiste à diffuser des jets d'eau sous pression et selon le programme de la baignoire à buses, il permet d'effectuer un massage général ou localisé. Ses vertus sont tonifiantes, décontractantes et antistress.

II.5.5. Le bain avec douche sous-marine :

tandis que le corps est baigné, l'agent thermal effectue une douche chaude ciblée sur la zone douloureuse ou affectée pour procurer un massage doux et localisé.

²⁴ L. Batissier, "De l'origine, de la classification, et de l'action thérapeutique des eaux minéro-thermales...", Imprimerie et Fonderie de Rignoux, 1842.

II.5.6. Le bain local :

c'est un bain qui permet de traiter sélectivement une partie du corps, comme les mains (il s'agit alors d'un manucure) ou les pieds (pédiluve). Il est généralement prescrit dans le traitement des troubles rhumatismaux, notamment pour son action sédatrice et antalgique.²⁵



Figure 6 : Le bain local

II.6. Les douches thermales

- font également partie des nombreux soins dispensés en cure thermale, qui utilisent les bienfaits de l'eau pour soulager douleurs, troubles et gênes. Il s'agit même d'un des principaux soins proposés. À chaque pathologie et à chaque zone douloureuse, la puissance et la pression du jet sont adaptées, en fonction des effets à produire. Ces douches sont préconisées dans les cas d'affections cutanées ou des voies respiratoires, mais également dans le traitement des douleurs articulaires, grâce, notamment, à ses actions sédatrices ou tonifiantes.²⁶

II.6.1. La douche au jet :

Il s'agit du soin le plus courant. Debout au fond d'une salle, le curiste se tient à une barre fixée au mur et reçoit un puissant jet à gros débit envoyé par un agent soignant, situé environ à 5 mètres de distance. L'eau est d'abord chaude (autour de 36 à 39°) puis refroidit progressivement. Ce soin permet le changement de température et de pression de l'eau au cours d'une même séance. On peut, en outre, projeter le jet sur tout le corps ou sur une zone précise : par exemple, on axera le jet en direction du thorax dans les cas d'infections respiratoires, ou en direction de l'abdomen dans le cas de troubles de nature digestive.

²⁵ M. D. Fardel, E. Le Bret, and J. Lefort, Dictionnaire général des eaux minérales et d'hydrologie médicale, vol. 1. J.-B. Baillière et fils, 1860.

²⁶ N. Dupré, "Sources médicinales et thermalisme dans le bassin de l'Ebre: Les problèmes de la documentation antique," *Espacio, tiempo y forma. Serie II, Historia antigua*, no. 5, pp. 277–294, 1992.



Figure 7 : La douche au jet

II.6.2. La douche de vapeur :

Généralement prescrite dans le cas d'affection des voies respiratoires, elle consiste à projeter un jet de vapeur sur le thorax du curiste afin de créer un phénomène de révulsion.²⁷

II.6.3. La douche sous immersion à haute pression :

Il s'agit d'un jet d'eau thermale sous-marin effectué en piscine et qui masse de façon intense le curiste en position debout. C'est un soin collectif prescrit en cas de contractures para-vertébrales, notamment les sciatiques.



Figure 8 : La douche sous immersion à haute pression

²⁷ J. Canellas and B. Blavoux, "Relations entre les structures géologiques, la composition chimique des eaux minérales et leurs orientations thérapeutiques," *Houille Blanche*, vol. 50, no. 2, pp. 81–86, 1995.

II.6.4. La Piscine:

Les séances de mobilisation en piscine d'eau thermale sont animées par un masseur kinésithérapeute Diplômé d'Etat. Elles calment les algies, réduisent les inflammations, la mobilité articulaire est améliorée.

Ces séances ont, également, un effet sédatif, antalgique, et participent au relâchement musculaire.

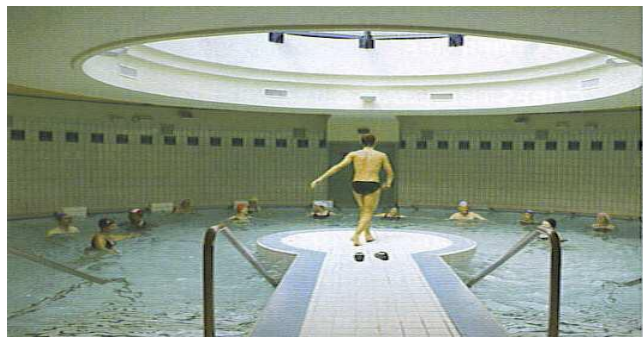


Figure 09 :La piscine des thermes

II.7. Les différentes qualités des eaux thermales :

II.7.1. es eaux sulfurées

Sont riches en soufre sous forme d'hydrogène sulfuré, dont les propriétés antibactériennes ont été mises en évidence depuis longtemps. Particulièrement intéressantes dans le traitement des Muqueuses, notamment des voies respiratoires, et de l'épiderme, les tissus se trouvent ainsi restaurés, tonifiés et deviennent moins sensibles aux agressions.

L'action du soufre sur les rhumatismes, et particulièrement l'arthrose vient de son pouvoir trophique sur les cartilages.²⁸

II.7.2. Les Eaux sulfatées

Tout comme l'eau minérale sulfurée, la principale composante des eaux sulfatées reste le soufre, présent sous la forme d'un autre principe.

Riches en calcium et en magnésium ces eaux sont bénéfiques dans le traitement des maladies métaboliques, urinaires et digestives.²⁹

Riches en soufre, elles exercent une action antispasmodique de sédation sur la douleur rhumatismale et les contractures musculaires tandis que les muqueuses agressées profitent également de ses propriétés cicatrisantes. -

II.7.3. Les eaux bicarbonatées

Renferment de l'anhydre carbonique, résultat de la dissolution dans l'eau de CO². Systématiquement d'un pH acide, ces eaux sont tantôt calciques, tantôt magnésienne, tantôt mixtes. Apaisantes et cicatrisantes, elles sont un composant utile des soins spécialisés dans le traitement des

²⁸ Boughalali M, Thermalismes et thalassothérapie en Algérie'', communication, Revue la Presse thermale et climatique 2003, pp 121,136. Société française d'hydrologie et de climatologie médicale, 2003.)

²⁹ M. Nicoud, "Les médecins italiens et le bain thermal à la fin du Moyen Âge," Médiévales, vol. 21, no. 43, pp. 13-40, 2002.

Voies Respiratoires ou des affections gynécologiques. Parfois carbo-gazeuses, elles sont alors bénéfiques pour les curistes atteints d'insuffisance circulatoire. Enfin, leur fort pouvoir diurétique voire laxatif en fait un allié de poids pour les cures à orientation Métabolisme ou Appareil Digestif.

II.7.4. Les eaux radioactives

Ont des effets sédatifs sur l'ensemble de l'organisme ; idéales donc pour calmer les douleurs, lutter contre le stress, et améliorer la qualité du sommeil, lui aussi grand acteur du succès de la cure thermale.

II.7.5. Les eaux riches en calcium

De longue date reconnu pour ses bienfaits de régénération osseuse, le calcium agit aussi, comme le magnésium, sur le tonus des tissus musculaires et constitue de fait un précieux allié en rhumatologie et en Phlébologie.³⁰

II.7.6. Les Eaux riches en Magnésium

Pris en cure de boisson, l'eau riche en magnésium a des effets laxatifs, utiles dans le traitement des maladies métaboliques et digestives.

En parallèle, cet oligo-élément s'enorgueillit aussi de vertus sédatives, favorisant la récupération du sommeil. De façon générale, le magnésium améliore la tonicité des fibres musculaires, effets souverain dans le traitement des troubles phlébologiques, car les muscles ont une action visible sur le retour veineux.³¹

II.7.7. Les Eaux riches en silice

La silice exerce une action générale de cicatrisation, car elle favorise la régénération cellulaire. Cette propriété lui confère donc d'excellents résultats sur la restauration des muqueuses, en O.R.L comme en gynécologie, et une action remarquable sur la peau.

³⁰ D. Laty, Histoire des bains, vol. 3074. Presses universitaires de France, 1996.

³¹ J. M. Blázquez, "Le culte des eaux dans la Péninsule Ibérique," 2005.

CHAPITRE III

Description de la zone d'étude

L'étude climatologique est une importance non négligeable, car elle permet d'analyser des facteurs importants comme la température et les précipitations qui conditionnent le bilan hydrologique et la recharge des aquifères.

III.1 Les sources thermales de Khenchela

III.1.1 Contexte géographique

a. Contexte géographique de Hammem elsalhine Khenchela

Les anciens thermes romains d' "Aquaе Flavianaе", furent créés en l'an 195 ap. JC par un riche citoyen de l'antique Mascula qui leur a donné son nom. Le lieu demeura un centre de repos pour les chefs militaires romains, jusqu'à sa rénovation par l'empereur Septime Sévère en l'an 208 ap. JC. Aujourd'hui encore il attire chaque année des milliers de curistes.

La station thermale de Hammam Essalhine (Khenchela) est située dans la commune d'El Hama, à **7 km** au Nord Ouest de chef lieu de la wilaya de Khenchela, au sud du bassin de Rémila (**Figure 10**) dans une dépression montagnaise, il couvre l'aire limitée géographiquement par les latitudes **35°26' 20.12" N** et **7°05 08.46 " E** de longitude. L'altitude de zone varie de **1079 m** dans le vallon du site thermal de Hammam Salihine à 1650 m à la hauteur de Ras Serdou, et culmine à 1870m au djebel Feraoun, ce site thermal est constitué de trois sources.

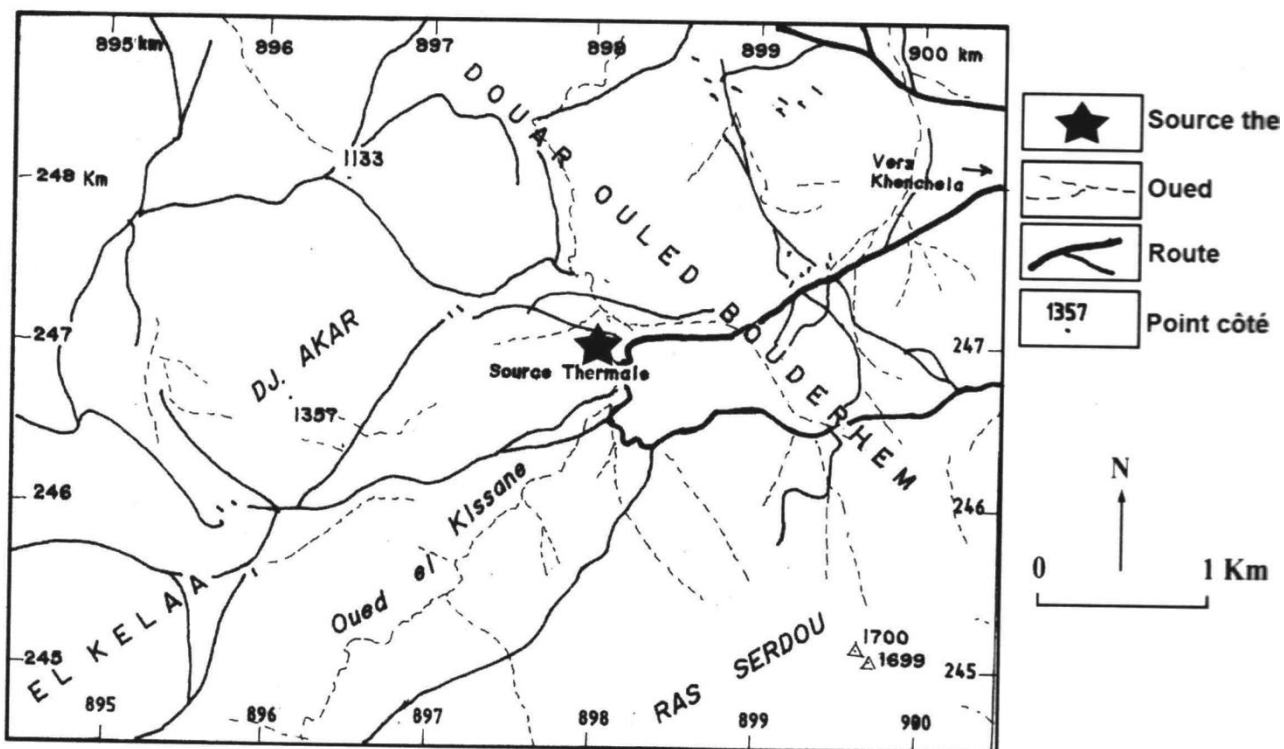


Figure 10 : carte de situation géographique de Hammam Essalihine, Khenchela

Source : extrait de la carte géologique de khenchela au 1/50000 (sonatrach., 1997)

Bordant l'oued Kissane, la source de Hammam Essalihine est très riche en minéraux, cette eau est si pure qu'elle n'a besoin d'aucun filtrage. Elle refroidit naturellement avant d'arriver dans les bassins où elle est continuellement brassée, les bains conservent toujours les pittoresques piscines romaines. Le complexe thermal offre tous les soins appropriés aux cures : matériel de relaxation, de massage, de rééducation fonctionnelle en plus des séances d'hydrothérapie.



Figure 11: image satellite de hammam salhin



Figure 12 : la source de hammam Elsalhine

b. Contexte géographique de Hammam elknif Khenchela

La Station Thermale de Hamam El Knif Cette source thermale située à 15 Km au Nord Est de Khenchla dans la commune de Baghai, il couvre l'aire limitée géographiquement par les latitudes $35^{\circ}29'11.63''$ N et $7^{\circ}15'08.64''$ E de longitude. L'altitude est de **1016 m**, fut découverte dit-on en 1905 par un berger local. Elle fut par la suite aménagée durant l'époque coloniale française. Les bains de vapeurs sulfureuses ou "Vaporium" se trouvent à l'intérieur d'une bâtisse juchée sur un promontoire rocheux qui domine un panorama de toute beauté.



Figure 13 : image satellite de Hammam kenif

Malheureusement, les pièces tenant lieu de “Sauna” et destinées aux patients souffrant de Maladies respiratoires, neurologiques et de rhumatisme articulaire aigu ne sont plus adaptées pour ces soins. Le cadre bâti étant devenu tout simplement vétuste. En contrebas et aux abords d'un oued aux eaux limpides, d'autres constructions plus récentes constituant la nouvelle station thermale (eaux chaudes de la source du Knif), tentent de satisfaire une clientèle toujours plus nombreuse mais légitimement plus exigeante.

Sa capacité d'accueil annuelle est de **40 000** personnes. Cette station est préconisée pour le traitement des maladies rhumatismales et dermatologiques.

III.1.2 Contexte géologique

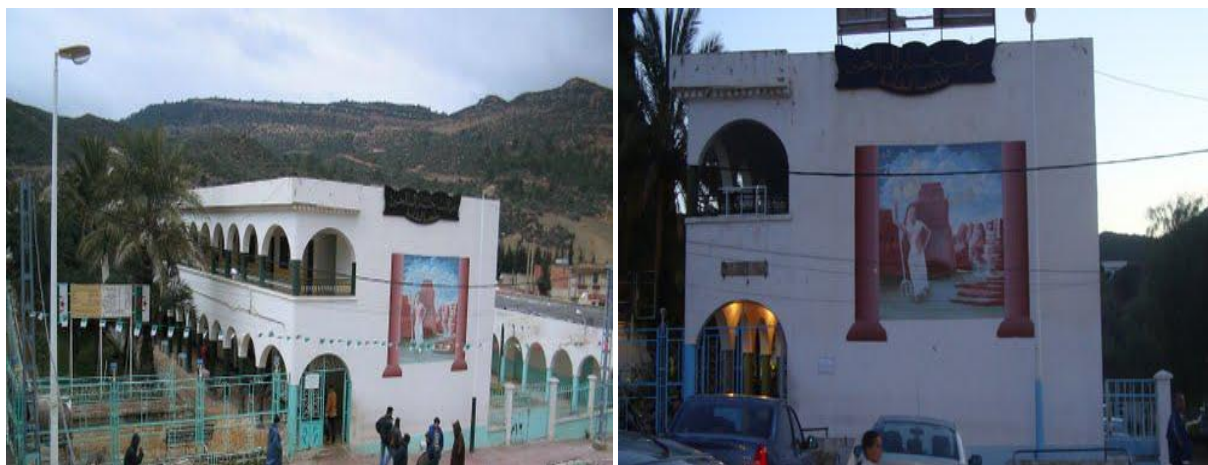


Figure 14: Hammam Essalihine vue générale.

Sur le secteur étudié, le Crétacé inférieur s'est déposé sous forme de calcaires marneux, de marne, de calcaire gréseux et des calcaires compacts. L'Aptien et l'Albien affleurent dans le massif des Aurès. L'Albien existe dans les anticlinaux des Aurès, il présente souvent un faciès gréseux, marneux et dolomitique il devient franchement marneux à la base.

Au Sud du bassin, l'Albien est représenté sur la bordure de l'Anticlinal de Hammam esalhin (Djebel Aidel) qui surplombe les sources thermales.

Le tertiaire est constitué d'argiles rouges gypseuses et repose directement, en discordance, sur le Crétacé. Cette formation est composée de marnes gréseuses et grès reposent directement sur le conglomérat de base. Il convient de préciser que ces formations Miocènes marines, classées fréquemment sous le terme de « grès », ne comportent en réalité que quelques bancs de grès noyés dans une importante épaisseur de marnes gréseuses. Ce qui fait que ces marnes gréseuses, paraissant très friables à l'affleurement, constituent en réalité une roche assez dure et probablement peu perméable. L'épaisseur de cette série marine semble varier de **200 à 400 m** sur la bordure Sud de la plaine.

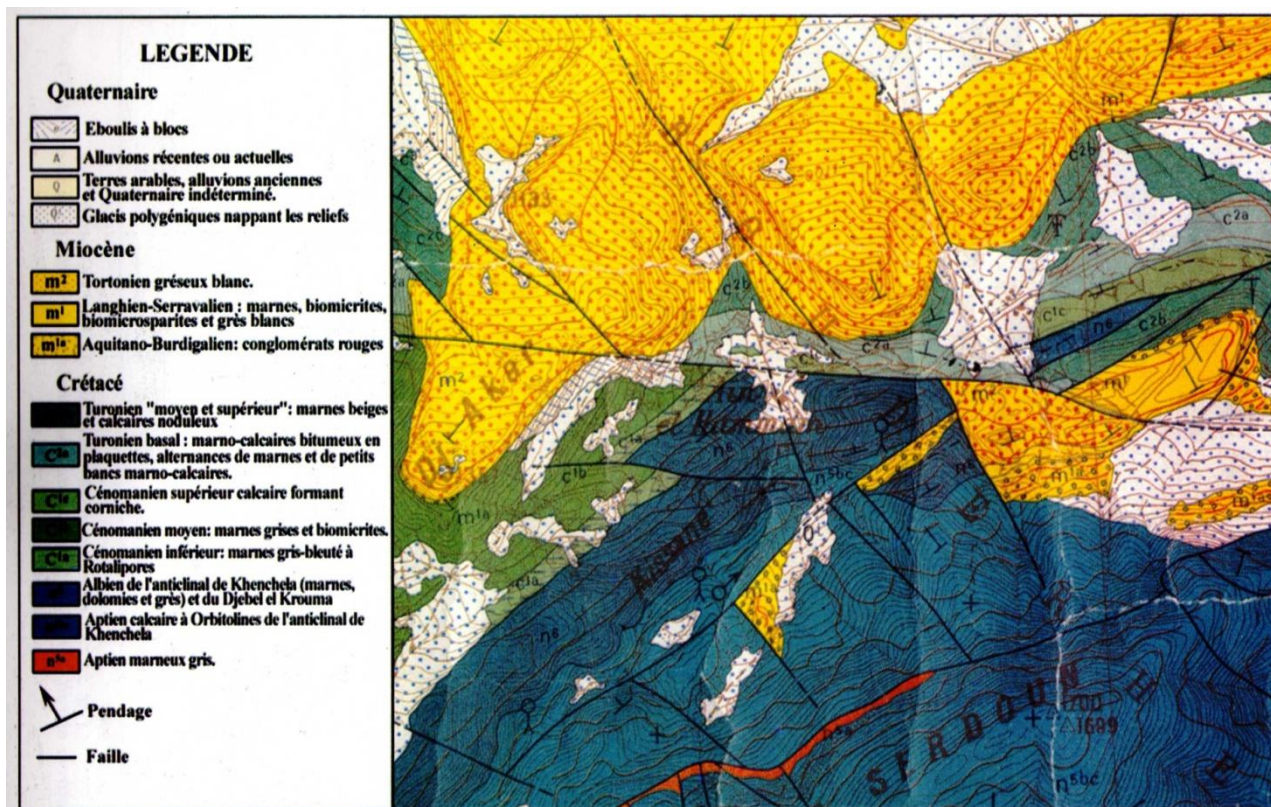


Figure 15 : carte géologique de Hammam Essalhin, Khenchela

Sources : extrait de la carte géologique de khenchela au 1/50000 (sonatrach.1997)

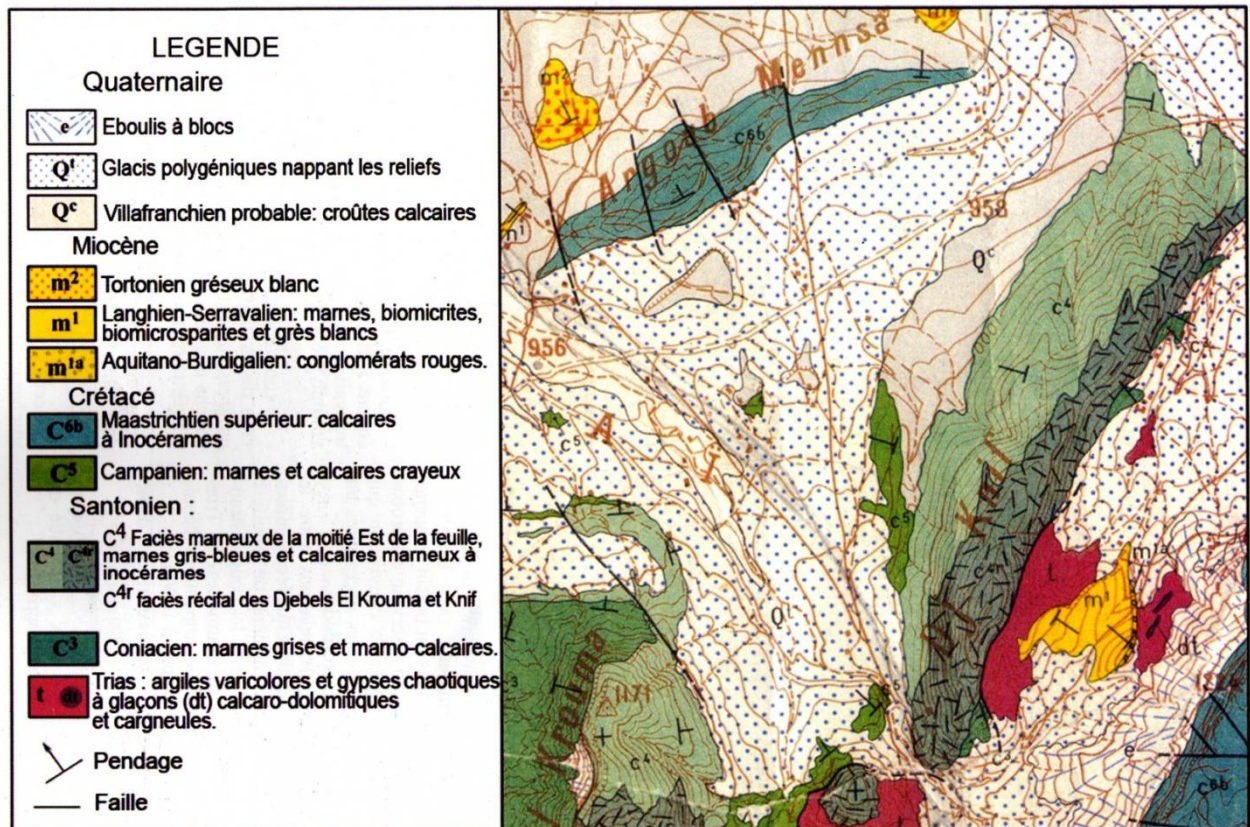


Figure 16 : carte géologique de Hammam Elkenif, Khenchela
Sources : extrait de la carte géologique de khenchela au 1/50000 (sonatrach.,1997)

III.1.3. Contexte climatique

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 cycle souterrain de l'eau et le climat sont étroitement liés. L'évolution du climat a une influence déterminante sur la variation de l'ensemble des réserves et les fluctuations des nappes d'eau souterraines qui s'alimentent par infiltration directe et se décharge par évaporation au cours de la saison en pays aride et semi-aride. Le climat intervient par sa composition hydrique (pluviométrie), qui régit fortement le régime des eaux souterraines et superficielles.

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 bio-climatologique à la zone aride et semi-aride.

Notre région d'étude fait partie du grand bassin versant des Hauts plateaux constantinois, son relief accentué favorise le ruissèlement.

Cette étude dépend des données climatiques de la station de Guelma.

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.

L'étude des données climatiques permettant d'analyser les facteurs du climat de cette zone qui nous renseignera sur :

- Le type du climat
- Le comportement hydro climatologique du bassin versant.
- Le bilan hydrologique.

Ces paramètres sont soit mesurés sur le terrain (précipitations, températures, évaporation) soit calculés par des formules (ETP, ETR, R, I).

a. Les données climatiques

Les données de température et de précipitation correspondent à des hauteurs mensuelles des pluies et de température qui ont été recueillies à la station de l'office national de météorologie (OMN) de Guelma, suivant une période de mesures de **2001 à 2010**.

b. Paramètres climatiques

▪ Précipitations

La pluviosité est définie selon Djebaili en 1984, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat.

Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosions d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat.

La chute des pluies dans la région et, en général, en Algérie est déterminée par la situation géographique, par la topographie et notamment la direction des axes montagneux par rapport à la mer et l'altitude.

Cela conduit à une irrégularité des précipitations à travers toute la région : augmentation des pluies en altitudes, diminution de leur taux du Nord vers le Sud (**Halimi., 1981**)

Le régime pluviométrique joue un rôle prépondérant dans l'hydrochimie par le lessivage des terrains. Plus la pluviométrie est forte, plus la dilution des sels restants passant en solution est grande.

Les régimes des précipitations mensuelles sont à l'origine de l'écoulement saisonnier, des régimes de cours d'eau, de l'adaptation de la végétation et de l'agriculture (Djebaili.,1978), les hauteurs des précipitations mensuelles calculées pour le site étudié sont portées dans le **Tableau 2**.

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière.

Cette étude est basée sur les données d'une période de suivi pluviométrique de **10 ans(2001-2010)** à la station météorologique (**tableau 2**).

Selon les données concernant cette période nous avons établi les graphes de variation de la moyenne mensuelle et annuelle des précipitations.

Tableau 2: Précipitation moyenne mensuelle et annuelle de la station de kenchela d'une période de 10 ans (2001-2010)

<i>Mois Année</i>	<i>Jan.</i>	<i>Fév.</i>	<i>Mars</i>	<i>Avril</i>	<i>Mai</i>	<i>Juin</i>	<i>Juil.</i>	<i>Aout</i>	<i>Sept.</i>	<i>Oct.</i>	<i>Nov.</i>	<i>Déc.</i>	<i>Précipitation Moyenne annuelle</i>
2001	18	15	04	32	97	01	06	16	81	27	39	19	29
2002	10	15	12	27	22	13	27	129	28	20	84	29	35
2003	11	66	26	89	18	42	11	06	40	82	19	44	38
2004	29	04	42	54	143	66	5	14	25	15	112	111	52
2005	05	43	36	36	15	46	11	20	42	43	25	46	31
2006	89	43	10	47	149	11	41	47	22	37	12	76	49
2007	81	17	103	77	30	38	12	21	122	17	13	49	48
2008	23	08	25	14	103	06	27	58	94	96	15	48	43
2009	145	18	75	150	53	07	21	30	80	18	04	23	52
2010	30	15	15	84	88	25	17	43	71	37	73	31	63
Précipitation moyenne mensuelle	44	24	35	61	72	17	18	38	55	39	40	48	44

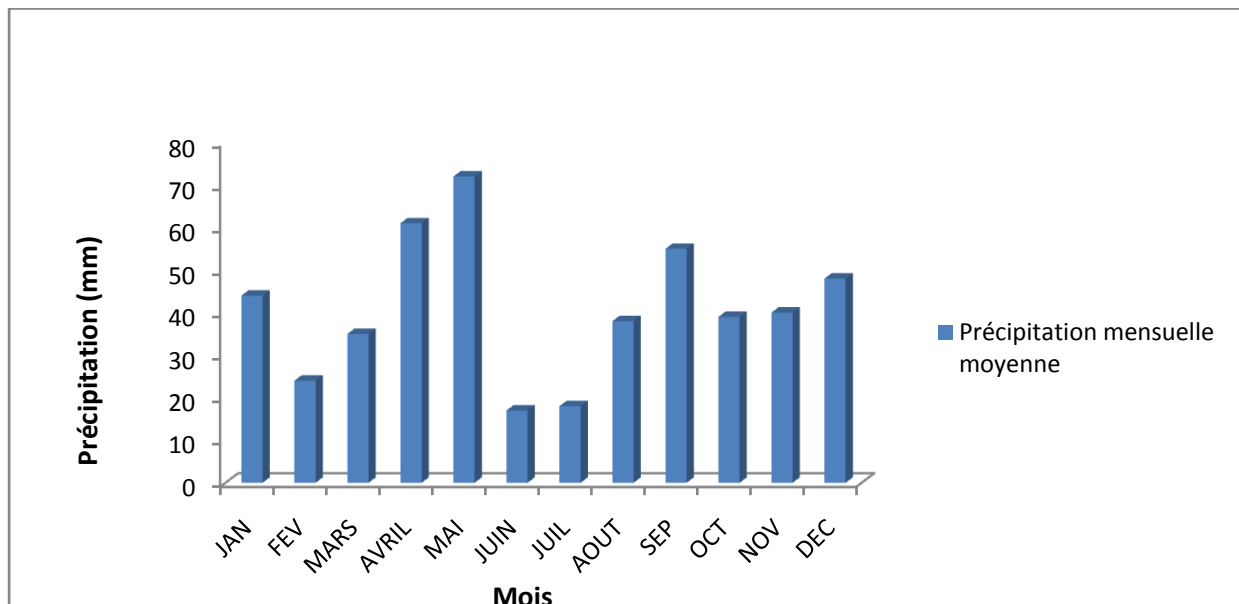


Figure 17: Précipitation mensuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010).

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles durant la période (2001-2010), traduisent clairement les variations mensuelles des précipitations. La répartition des pluies mensuelles est irrégulière.

Le mois de Mai est le plus arrosé avec une moyenne de **72 mm**. Juillet étant le mois le plus sec avec une moyenne de **18 mm**

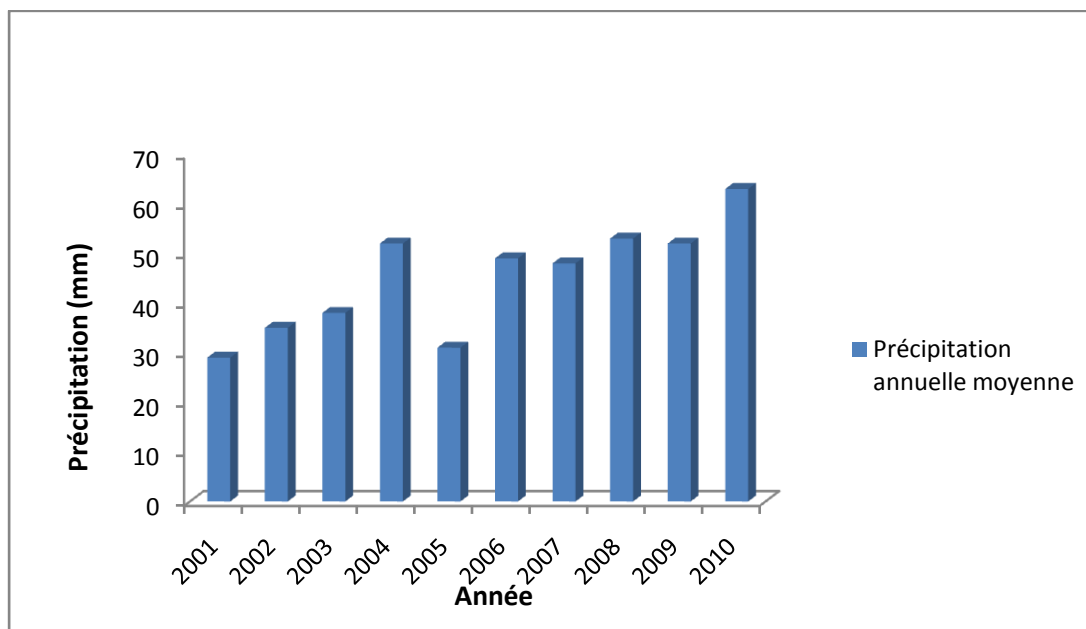


Figure 18: Précipitation annuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010)

-L'année la plus pluvieuse étant **2010**, avec une moyenne annuelle de **63 mm**. L'année **2001** étant la plus sèche avec une moyenne annuelle de **29 mm**.

L'observation des données annuelle des pluies de notre région d'étude est très variable le moyen interannuelle sur une décennie (2001-2010) est de **39 mm**.

▪ **Les températures**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (**Ramade, 2002**).

Pour la caractérisation de ce paramètre il faut connaître plusieurs variables: la moyenne des maxima (M), la moyenne des minima (m) la moyenne mensuelle $(M+m)/2$ et l'amplitude thermique $(M-m)$.

Tableau 3 : Temperature moyenne annuelle à la station de Khenchela (2001-2010)

Mois Année	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Température moyenne annuelle
2001	08	08	16	14	18	24	28	26	22	21	11	06	17
2002	09	12	12	13	19	24	26	25	21	18	12	19	17
2003	06	10	14	14	18	24	29	27	21	19	19	07	17
2004	07	09	11	12	15	21	25	27	25	20	09	07	16
2005	04	04	11	13	20	23	27	23	18	17	11	06	15
2006	04	05	11	16	20	24	25	24	20	10	12	07	15
2007	08	09	08	13	18	25	26	26	22	17	10	07	16
2008	07	08	10	15	19	22	22	26	22	16	09	06	15
2009	06	06	09	10	17	23	28	26	20	15	12	10	15
2010	07	10	12	15	16	23	26	26	21	16	11	09	16
température moyenne mensuelle	07	08	11	13	18	23	26	26	21	17	12	08	16

Les données de la température durant la période (2001-2010) sont représentées sur (le tableau 3) avec des courbes de variation de la moyenne mensuelle et annuelle de température.

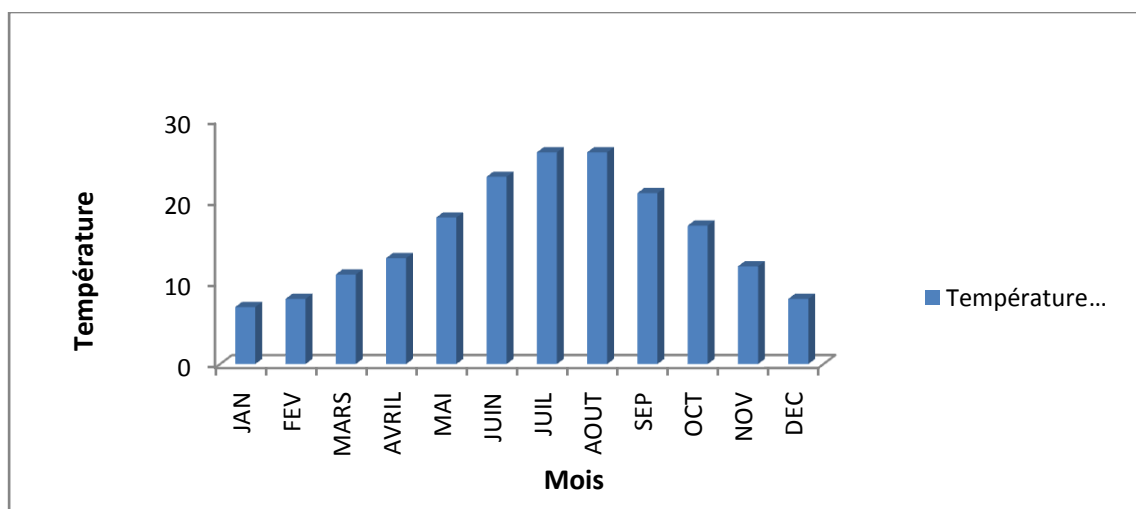


Figure 19 : Température mensuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010)

La courbe des variations des températures moyennes mensuelles (**Figure 14**) montre une distribution unie modale avec absence de l'effet saisonnier. Deux périodes climatiques sont bien distinctes : l'une sèche et aride qui va de juin à septembre et l'autre humide est tempérée d'Octobre à Mai. Janvier est le mois le plus froid avec **07 °C** .Juillet et Aout sont les plus chauds avec **26°C**. La moyenne annuelle inter-mensuelle est de **16°C**.

L'amplitude de température entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid est de **19°C** ce qui confirme l'absence e de la saisonnalité.

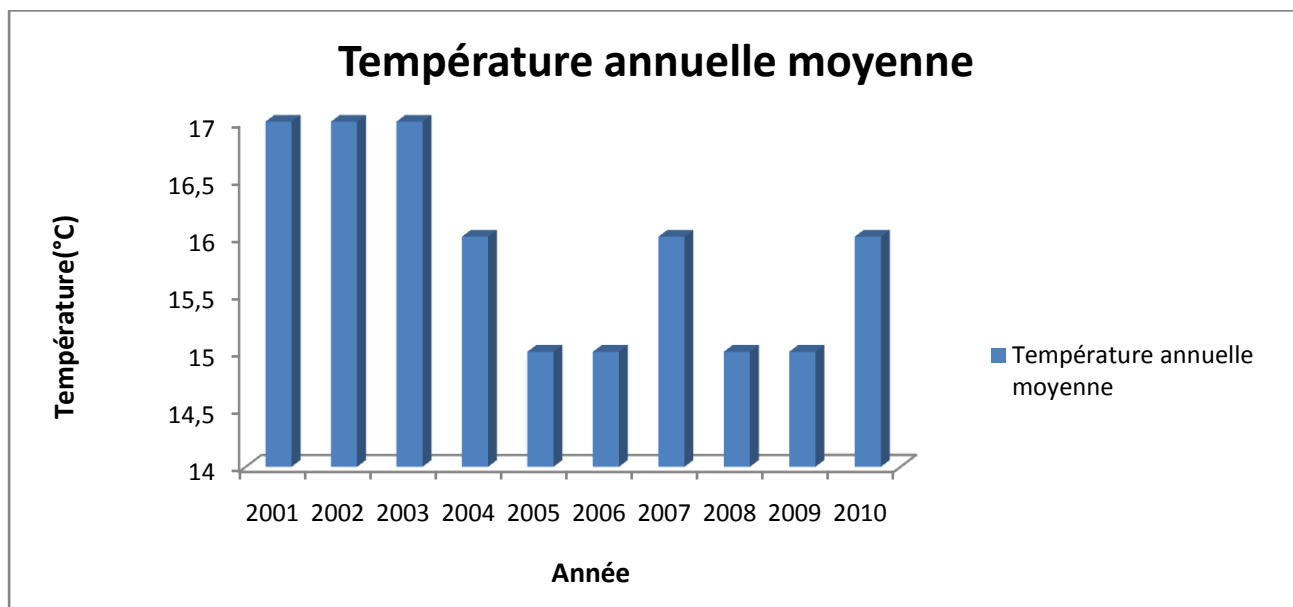


Figure 20 : température annuelle moyenne pour une période de 10ans (2001-2010)

La courbe des variations moyennes annuelles des températures montre une monotonie .cette état de fait laisse supposer l'existence des périodes de sécheresses prolongées.

L'effet de sécheresse est perceptible depuis l'année **2001** jusqu'à l'année **2002** avec une décroissance annuelle des températures de l'année **2003** jusqu'à l'année **2009**, ce qui ne serait sans conséquence sur la recharge des nappes et sur la végétation et l'agriculture.

On remarque que la température a augmentée durant l'année **2010**.

On constate que la région de kenchela présente une période humide débutant au mois de septembre et qui se termine au mois de mai et une période sèche qui s'étend de début de mois de juin au début de mois de septembre.

Selon BAGNOULS et GAUSSEN (1957), un mois est considéré comme sec, lorsque le total des précipitations "P" exprimé en "mm" est égale ou inférieur ou double de température moyenne "T" du mois exprimé en degré centigrade.

La durée et l'importance de la période sèche peuvent être déterminée par le diagramme ombrothermique ce diagramme est obtenue par un graphique où les mois de l'année sont en abscisse; les précipitations moyennes mensuelles "T" en "mm" en ordonnée de gauche, les températures "T" en degré centigrade, en ordonnée de droite à une échelle double.

La période sèche s'individualise lorsque la courbe de précipitation passe sous celle des températures, c'est-à-dire lorsque $P < 2T$. La (Fig. 13), représente les courbes ombrothermiques pour notre zone d'étude.

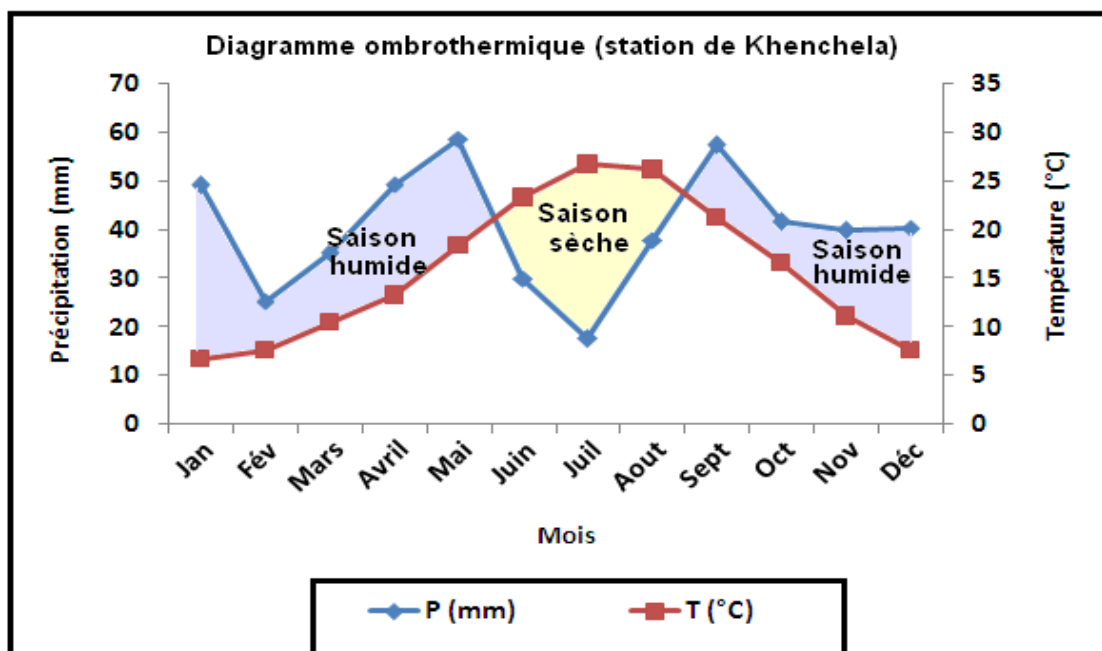


Figure. 21 : Diagramme Embrothermique de Khenchela (2001-2010)

III.2. La source thermale Hammam Dbegh de Guelma

III.2.1. Situation géographique :

La région de Guelma dont fait partie le secteur étudiée est situé à 600km à l'Est d'Alger et à 70 Km à l'ENE de Constantine (Fig. 1). Elle se caractérise par des reliefs montagneux, qui occupent environ 60 % de la région.

Le climat de la région de Guelma est humide, la pluviométrie est de l'ordre de 450 à 600 mm/an. Le principal oued de la région est l'Oued Seybouse. Ce dernier traverse le bassin de Guelma d'Ouest en Est. Par ailleurs, cet Oued drainent les eaux des nombreuses sources thermales de la vallée de Hammam Oulad Ali au Nord de Guelma.

Hammam Meskoutine, sous la domination romaine, portait le nom "d'Aquae Tibilitanae" à cause de son voisinage (8 kilomètres) de l'importante ville de Tibilis.

Hammam Chellala (bain de la Cascade) ou encore Hammam Dbegh et anciennement Hammam Meskhoutine située à l'Est Constantinois, à 110 Km de Constantine et 20 Km de Guelma, son site qui se trouve à 303 mètres d'altitude limitée géographiquement par les latitudes $36^{\circ}27'35.42''$ N et $7^{\circ}16'10.50''$ E de longitude. et est particulièrement surprenant au sein de collines et montagne boisées, a proximité de cascades solidités à l'aspect lunaire.

Le réseau routier de la région de Guelma est bien développé. Il joue un rôle important dans les différentes activités de cette région, notamment, l'activité minière qui s'appuie sur l'exploitation du kaolin de Djebel Debbagh, l'antimoine de Hammam N'bails, l'onyx de Mahouna et autres.



Figure. 22 :carte satillite de Hammam Challala

Un fait naturel, digne de remarque, c'est la coloration jaune donnée aux feuilles des eucalyptus, qui environnent les sources, sans doute par les émanations sulfureuses contenues dans les vapeurs exhalées (les griffons). On sait effectivement que les vapeurs du soufre et de ses principaux composés ont de hautes propriétés décolorantes. Le teint général de ces eucalyptus ne saurait être, il nous semble, attribué à une autre cause, comme à l'action du soleil par exemple, car, à quelques centaines de mètres plus loin, à la station.

Les eucalyptus ont conservé la coloration ordinaire de leurs feuilles qui d'un beau vert-bouteille, plutôt sombre ou glauque que tirant sur le jaune.

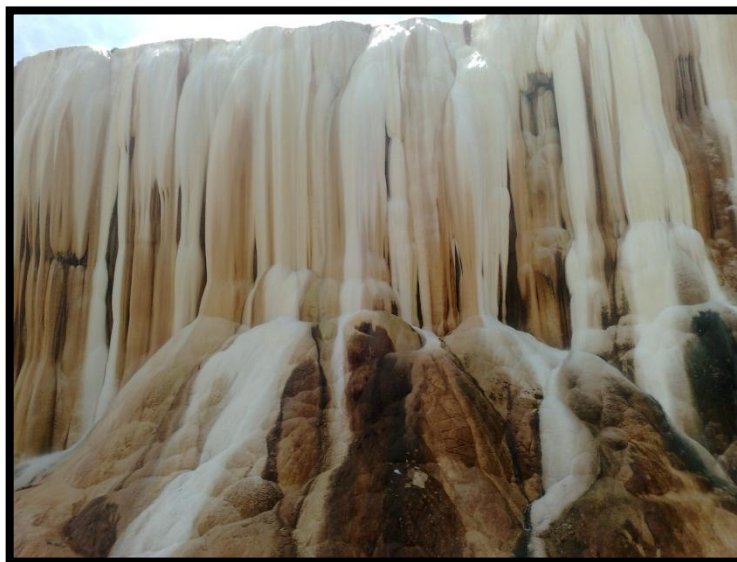


Figure 23 : Cascades de Hammam Chellala Guelma

M. L. Rouyer, dans son intéressant opuscule sur Hammam-Meskoutine et ses environs, explique ainsi la formation de ce lac : "A une distance quelconque se trouvait une nappe d'eau qui, rompant brusquement ses digues, sous une influence inconnue, s'engagea, par (les conduits plus ou moins tortueux, plus ou moins étroits, dans la direction (le la grotte et vint s) engouffrer avec violence. Sous cet assaut, une partie des piliers naturels soutenant la croûte supérieure de la grotte ne tarda pas à s'affaisser et à produire l'écroulement du sol lui-même. La grotte s'emplit peu à peu ; l'écoulement continua jusqu'à parfait équilibre des deux vases communicants ; le lac souterrain était formé".

La source de hammam Meskoutine est la plus florissante de l'Algérie et ses eaux sont les plus chaudes, Il existe neuf sources hyperthermales dont la température de l'eau varie entre 90 et 98°C, le débit total des sources actuelles n'est pas inférieur à 80 l/s.

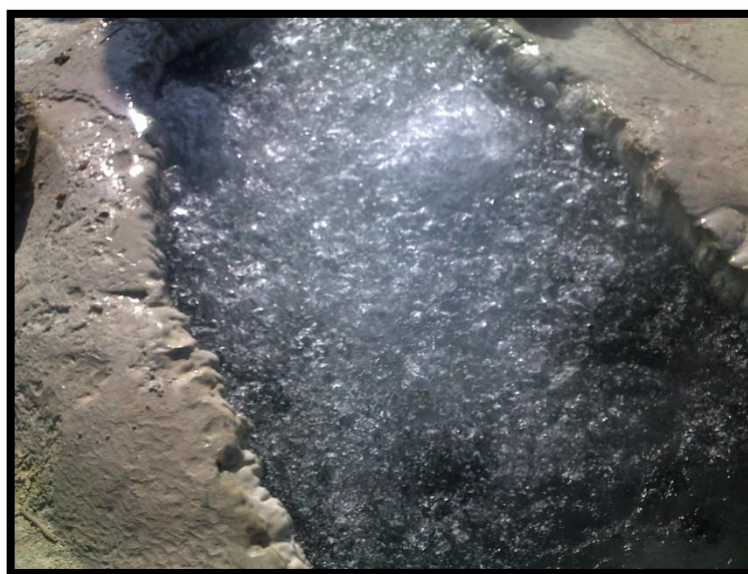


Figure 24. La Source thermale de Hammam Chellala Guelma

La répartition des précipitations à Guelma est marquée par une durée de sécheresse durant l'été, avec un minimum de 2.6mm enregistré en juillet. Le reste des saisons est marqué par des précipitations considérables. Le total annuel est de 688.3 mm avec un maximum de 137.7 mm enregistré en décembre. Près de 57% de la pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide.³³

Le diagramme embrothermique de Guelma Fig-II-11-, fait distinguer deux périodes. La première froide et humide où la courbe de précipitations est au dessus de celle des températures. La seconde est considérée chaude et sèche. La période humide débute d'octobre à avril et la période sèche s'étale de mai à octobre.

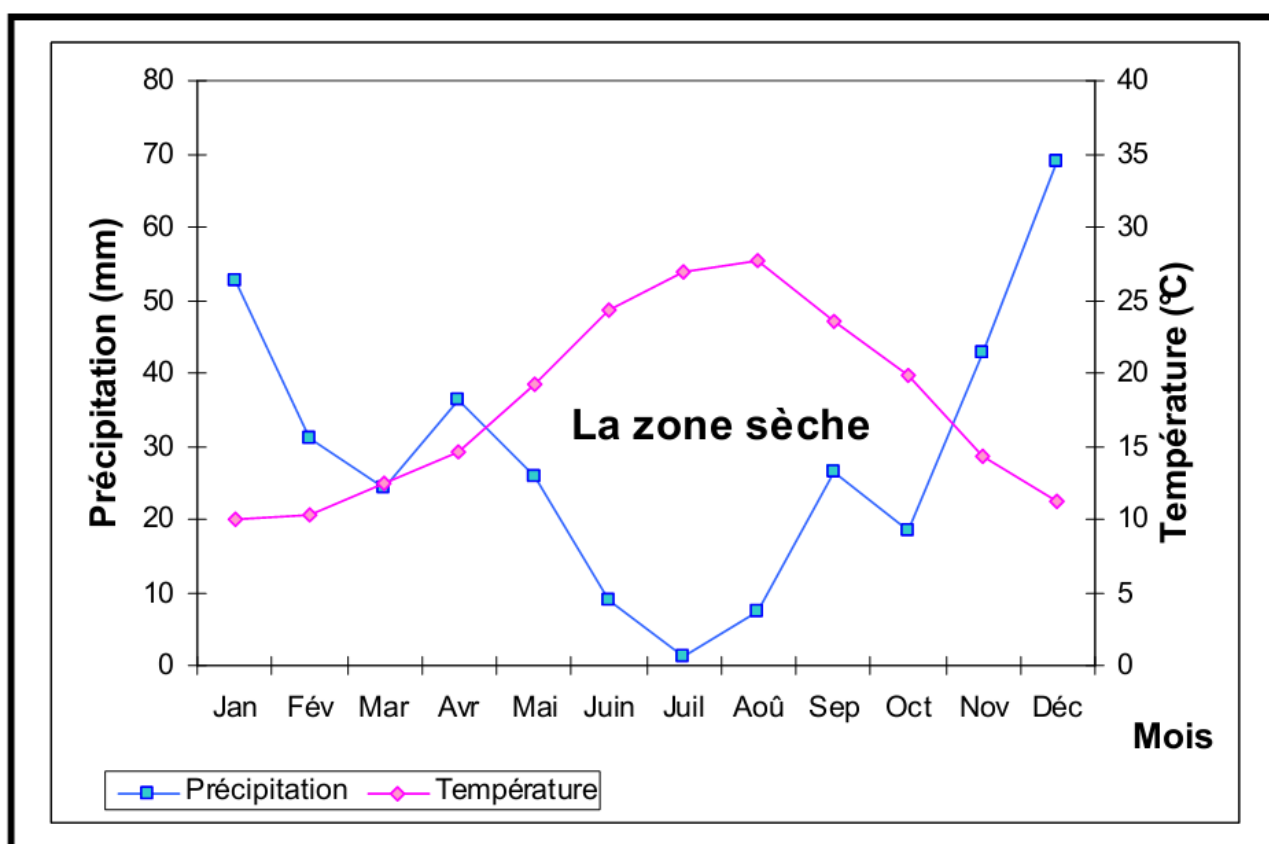


Figure 26 : Diagramme embrothermique de Guelma, (2001-2010)

³³MEDJELEKH DALEL, Impact de l'inertie thermique sur le confort hygrothermique et la consommation énergétique du bâtiment, Cas de l'habitation de l'époque coloniale à Guelma Thèse de magister en architecture bioclimatique 2008, p40-43.

IV.1. L'échantillonnage

IV.1.1. Considérations générales sur l'échantillonnage

Aucune étude hydrochimique sérieuse ne peut reposer sur des données chimiques non fiables ou de mauvaise qualité.

L'échantillonnage des eaux dépend du but envisagé et constitue une étape primordialement qu'on doit mener avec une grande précaution pour aboutir à des échantillons représentatifs et des analyses fiables.

Le prélèvement des eaux est une opération délicate et destinée aux analyses physico-chimiques pour caractériser la composition chimique des eaux, leur fonctionnement et leur faciès chimique

IV.1.2. Les étapes de l'échantillonnage

a. Préparation du matériel

Les échantillons d'eau destinés aux analyses physico-chimiques sont prélevés dans des flacons en polyéthylène (plastic) stériles et bien rincés avec l'eau à échantillonnée.

Comme règle générale, le matériel de terrain consiste en une série de bouteilles d'échantillonnage, une glacière, de la glace, un échantillonneur (lorsque l'accessibilité au site et/ou la profondeur du cours d'eau l'exige) et des instruments de mesure, tels qu'un multi paramètre, thermomètre, un oxymétrie et un pH-mètre.

Le volume des flacons à utiliser ainsi que le volume d'eau à prélever dépendent des paramètres qui doivent être analysés.

b. Calibrage des appareils

Lorsque des instruments de mesure sont utilisés sur le terrain, leur calibrage est une étape essentielle à l'obtention de données exactes et précises. Les appareils les plus communément utilisés sont Le multi paramètre, le thermomètre, l'oxymètre et le pH-mètre. Dans le cas d'un thermomètre digital un calibrage doit être effectué à quelques reprises au cours de l'année, mais cet exercice n'est pas nécessaire avant chaque campagne d'échantillonnage. Par contre, l'oxymètre et le pH-mètre doivent être calibrés avant chaque sortie sur le terrain.

c. Choix du flaconnage

La nature des matériaux, des fermetures et du lavage des flacons, Les flacons les plus utilisés sont le verre, le polyéthylène et le téflon.

Les flacons en verre présentent des fermetures très étanches qui conviennent bien pour le stockage en vue de mesures isotopiques ainsi que l'absence d'évaporation au travers des parois elles mêmes très étanches. Les inconvénients du verre résident dans son poids

d. Prélèvement des échantillons

Le prélèvement des échantillons d'eau peut s'effectuer de plusieurs façons, selon la taille du cours d'eau et l'accessibilité au site et la température de site. Dans les sources moins chaudes, l'idéal est

De se placer au centre du cours d'eau et de remplir les bouteilles à la main, au milieu de la colonne d'eau, en faisant face au courant. Lorsque la température élevée empêche le prélèvement à la main, nous utilisons des supports et/ou des gants résistants à la chaleur

L'utilisation d'un pont est la façon la plus facile d'avoir accès au centre du cours d'eau. L'intégrité des échantillons envoyés au laboratoire détermine en grande partie des caractéristiques des résultats d'analyse. Des précautions doivent donc être prises pour protéger les échantillons de toute contamination ou altération.

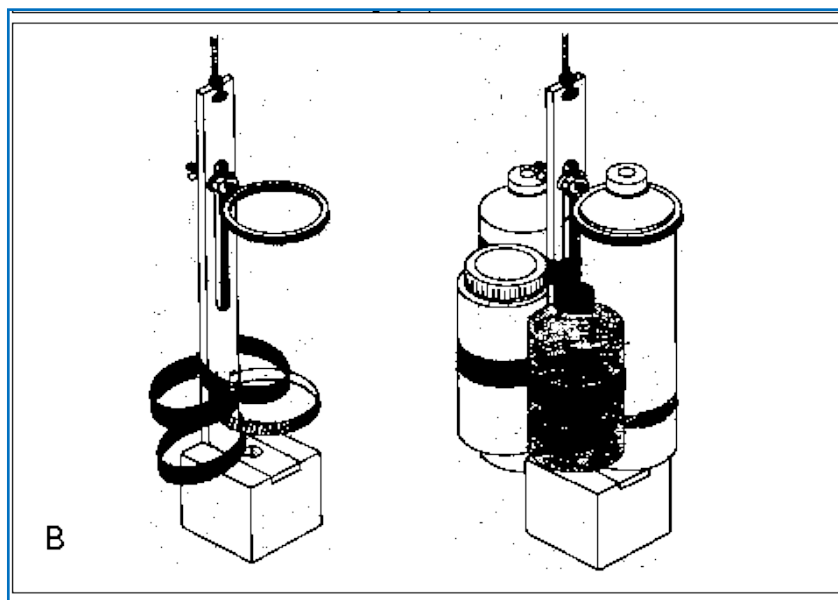


Figure 27. Échantillonnage Lorsque la température élevée

e. Conservation des échantillons

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 qui représentent le plus fidèlement possible les conditions du cours d'eau, une conservation physique ou chimique des échantillons doit être effectuée.

Il est recommandé de conserver les échantillons à l'obscurité et à une température originale. Cette méthode est couramment utilisée lorsque les analyses sont effectuées dans les 24 heures suivant l'échantillonnage. Si l'analyse ne peut être réalisée dans un délai de 24 heures, informez-vous auprès du laboratoire; les échantillons d'eau devront dans certains cas être stabilisés à l'aide d'agents de conservation chimiques.

IV.2. Techniques de mesures et d'analyses in situ

Certains paramètres peuvent évoluer pendant le transport des échantillons au laboratoire et il est toujours préférable de faire ces déterminations sur le terrain

La Température d'un échantillon peut changer après le prélèvement et l'information sera erronée. Il faut donc prévoir des mesures rapides après chaque collecte de l'échantillon en question.

De même les paramètres tels que pH, TH, TAC, TA, alcalinité, oxygène dissous et CO₂ dissous,... doivent être mesurés *in situ*. La mesure de la conductivité électrique, bien que pouvant attendre l'arrivée au laboratoire est utile pour mieux gérer la stratégie de prélèvement au même titre que toute autre mesure de terrain pouvant être utilisée de la sorte.

La mesure de ces paramètres repose souvent sur des méthodes de précision inférieure à celle des méthodes de laboratoire mais l'intérêt de la mesure immédiate peut être prépondérant compte tenu des variations susceptibles d'intervenir durant le transport et la conservation en laboratoire. Par ailleurs, ces mesures sont aussi nécessaires lors de l'étude prolongée d'une eau brute ou d'un effluent en vue de l'établissement d'un projet ou de l'optimisation d'une installation de traitement.

La libération ou l'absorption de CO₂ peut modifier le pH (acidité) d'une eau thermale.

La précipitation des hydroxydes modifie la conductivité électrique. La teneur en O₂ dissous dans les eaux thermale augmente rapidement durant l'échantillonnage. La disponibilité de l'oxygène agit rapidement sur le potentiel redox. Résultats immédiats. Moins coûteux que les analyses en laboratoire.

IV.2.1.multi-paramètre

a. Description

Cet appareil est construit selon les dernières technologies et ne nécessite aucun entretien particulier. Equipées d'un nouveau système « anti-encrassement », les sondes Consort C931 permettent de mesurer 6 paramètres simultanément : **PH, Température, Conductivité, Résistivité, Salinité.**



Figure 28. Multi-paramètres, Consort C931

b. Les Modes Opérateur**Mesure de pH**

1. Sélectionnez [pH] en appuyant sur MODE. L'affichage indique immédiatement la valeur mesurée selon l'étalonnage précédent. Pour étalonner, appuyez sur CAL.
2. Rincez les électrodes avec de l'eau distillée et immergez les dans le premier tampon. Choisissez [ETALONNER], appuyez sur CAL et suivez les instructions sur l'écran.
3. Rincez les électrodes avec de l'eau distillée et immergez les dans la solution à mesurer. Lisez la valeur donnée.
4. Après usage, rincez toujours les électrodes avec de l'eau distillée et immergez les dans une solution de 3...4 M KCl.

La mesure avec des électrodes à point de zéro anormal:

1. Sélectionnez [E0 = x mV] et appuyez sur CAL.
2. Entrez le point de zéro de l'électrode et appuyez sur CAL.

Mesure de température

1. Sélectionnez [°C] en appuyant sur MODE. Quand aucun Pt1000 n'est branché, corriger la compensation manuelle de la température et continuer en appuyant sur MODE. Pour étalonner, appuyez sur CAL.
2. Plongez le Pt1000 dans une solution de température connue. Ajustez à cette température et appuyez sur CAL.

Mesure de conductivité

1. Sélectionnez [S/cm] en appuyant sur MODE. L'affichage indique immédiatement la valeur mesurée selon l'étalonnage précédent. Pour étalonner, appuyez sur CAL.
2. L'affichage indique les trois standards en mémoire (1413 μ S/cm, 12.88 mS/cm, 111.8 mS/cm). Choisissez les valeurs désirées ou entrez manuellement des valeurs spéciales et appuyez sur CAL. Mettez les standards non-utilisé hors service.
3. Choisissez la température à laquelle toutes les futures mesures seront référées et appuyez sur CAL.
4. Décidez si la compensation automatique de température (ATC) doit être appliquée oui ou non et appuyez sur CAL.
5. Après l'avoir rincée avec la solution étalon, plongez la cellule dans cette solution. La température de la solution n'est pas importante mais elle doit être entre 0°C et 30°C. N'oubliez jamais de compenser manuellement la température, si vous n'utilisez pas le Pt1000! Choisissez [ETALONNER], appuyez sur CAL et suivez les instructions sur l'écran.
6. Après avoir rincé plusieurs fois la cellule avec la solution à mesurer, plongez-la dans cette solution et lisez la valeur donnée par l'appareil.

IV.3. Techniques de mesures et d'analyses au laboratoire

IV.2.1. Analyse par spectrophotométrie UV-Vis

a. Description

La **spectrophotométrie d'absorption** dans l'ultraviolet et le visible (UV-VIS) est une technique d'un âge respectable encore très utilisée dans les laboratoires et dans l'industrie. Elle a bénéficié des progrès technologiques récents miniaturisation, fibres optiques et des moyens de calcul apportés par l'outil informatique. De plus, c'est une technique bien adaptée aux moyens de contrôle et de validation qui permettent de produire des données de qualité reconnue et quantifiée. L'UV/Visible est largement exploité en analyse quantitative, depuis fort long temps dans le domaine du visible. Les mesures reposent sur la loi de Beer et Lambert qui relie dans certaines conditions, l'absorption de la lumière à la concentration d'un composé en solution.³⁴

L'origine de cette loi remonte aux travaux du mathématicien français **Lambert** qui avaient, au XVIII^e siècle, dénié les bases de la photométrie. Par la suite **Beer**, physicien allemand du XIX^e siècle, a posé une loi qui permet de calculer la quantité de lumière transmise après passage à travers une épaisseur donnée d'un composé en solution dans une matrice non absorbante.

Il en est résulté la **loi de Beer et Lambert** présentée ici sous sa forme actuelle:³⁵

$$A = \epsilon_{\lambda} \ell C$$

- ❖ **A** désigne l'absorbance, paramètre optique sans dimension, accessible au moyen du spectrophotomètre.
- ❖ **ℓ** L'épaisseur (en cm) de la solution traversée.
- ❖ **C** la concentration molaire.
- ❖ **ϵ_{λ}** le coefficient d'absorption molaire ($L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$) à la longueur d'onde λ à laquelle on fait la mesure.

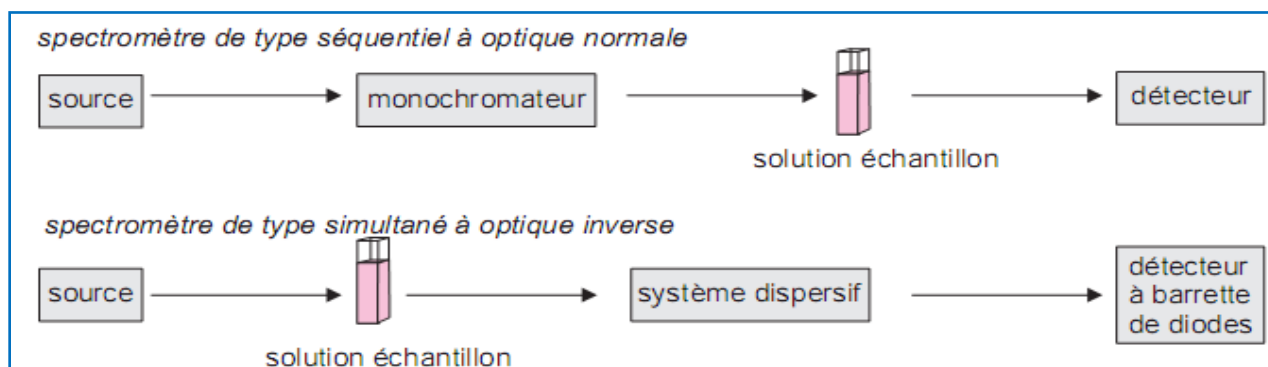
b. Instrumentation dans l'Uv/Visible

Un spectrophotomètre est conçu autour de trois modules : ceux de la source et du système dispersif (souvent conçu comme un monochromateur), qui constituent la partie optique et celui qui est responsable de la détection. L'ensemble est réuni dans un bâti unique. Un compartiment échantillon est inséré sur le trajet optique après ou avant le système dispersif selon la conception du montage.

Certains spectromètres sont réservés aux analyses de routine pour lesquelles il n'est pas besoin d'avoir une résolution élevée, sachant qu'en solution la plupart des composés conduisent à des spectres dépourvus de bandes fines. Il est essentiel, en revanche, que ces instruments conduisent à des mesures d'absorbance précises sur une gamme étendue de concentrations.

³⁴ Philippe BREUIL, Dominique DI BENEDETTO, **La spectrophotométrie d'absorption** dans l'ultraviolet et le visible Techniques d'analyse Référence P2795 page 1

³⁵ Francis Rouessac, Annick Rouessac, **ANALYSE CHIMIQUE Méthodes et techniques instrumentales modernes** 6e Edition 2004 page 158



Un spectrophotomètre UV-visible (« spectro UV ») est un appareil qui permet de mesurer l'absorbance d'une solution homogène à une longueur d'onde donnée ou sur une région spectrale donnée. Selon la loi de Beer Lambert, l'absorbance d'une solution est proportionnelle à la concentration des substances en solution, à condition de se placer à la longueur d'onde à laquelle la substance absorbe les rayons lumineux. C'est pourquoi la longueur d'onde est réglée en fonction de la substance dont on veut connaître la concentration (dosier dans le jargon des chimistes).

c. Le nouveau Spectrophotomètre DR 2800

Étend le champ d'action de l'analyse des eaux à tous les domaines d'activités que ce soit en laboratoire ou sur le terrain.

Totalement intégré "Système d'Analyse de l'Eau" comprenant les photomètres, les réactifs, il est idéal pour les analyses de routine.



Figure 30 . Spectrophotomètre DR 2800

L'utilisateur sélectionne les paramètres et méthodes adaptés à ses conditions de mesure. Tous les tests sont préprogrammés pour faciliter la tâche. Rien n'est plus simple que l'identification des tests en cuve. Insérez la cuve et le résultat s'affiche, le reste est automatique. Un faisceau laser détecte le

type de test par lecture code barre. Le résultat est obtenu grâce à une mesure rotative en dix points avec élimination des valeurs aberrantes, donnant ainsi une précision maximale. Le résultat en mg/l s'affiche automatiquement sans avoir appuyé sur une touche. Le DR 2800 offre bien plus encore : les mesures peuvent être effectuées avec le compartiment de cuve ouvert. Le système optique innovant élimine les interférences lumineuses externes. Son utilisation est un jeu d'enfant grâce à l'écran tactile rétro-éclairé. La clarté et l'ergonomie des menus permettent une utilisation intuitive et guident l'utilisateur vers son objectif. Les méthodes peuvent ainsi être programmées rapidement. Sur le terrain, il est possible de désactiver le rétro-éclairage pour économiser l'énergie. Les batteries ont ainsi une autonomie de 40 heures d'utilisation. La capacité de stockage permet de conserver 50 tests propres à l'utilisateur et 500 valeurs de mesures. Le port USB facilite la mise à jour ultra rapide et la sauvegarde des données.



Figure 31. Poste de travail équipé pour l'analyse d'eaux thermales : spectrophotomètre DR 2800 avec thermostat LT 200, pipette et tests en cuves.

Le DR 2800 est conçu pour une large gamme d'applications. La mémoire de l'appareil intègre 230 méthodes préprogrammées, 100 méthodes librement paramétrables, 1 000 valeurs de mesures, 20 balayages temporels et 20 de longueurs d'ondes.

De l'analyse d'éléments sous forme de traces à des concentrations élevées, par exemple dans un bain de galvanisation, les larges plages de mesure sont obtenues grâce aux tailles variables des cuves. Après l'insertion du test en cuve LANGE, le spectrophotomètre VIS commande automatiquement la compensation sur le zéro, la sélection des longueurs d'ondes et des différents facteurs. Ainsi, de nombreuses sources d'erreurs sont exclues grâce à la minuterie et aux consignes d'utilisation commutables.

La technologie de photomètre intelligente du DR 2800 sc garantit l'obtention de résultats reproductibles à long terme. La technologie de photomètre intelligent du DR 2800 sc garantit l'obtention de résultats reproductibles à long terme.

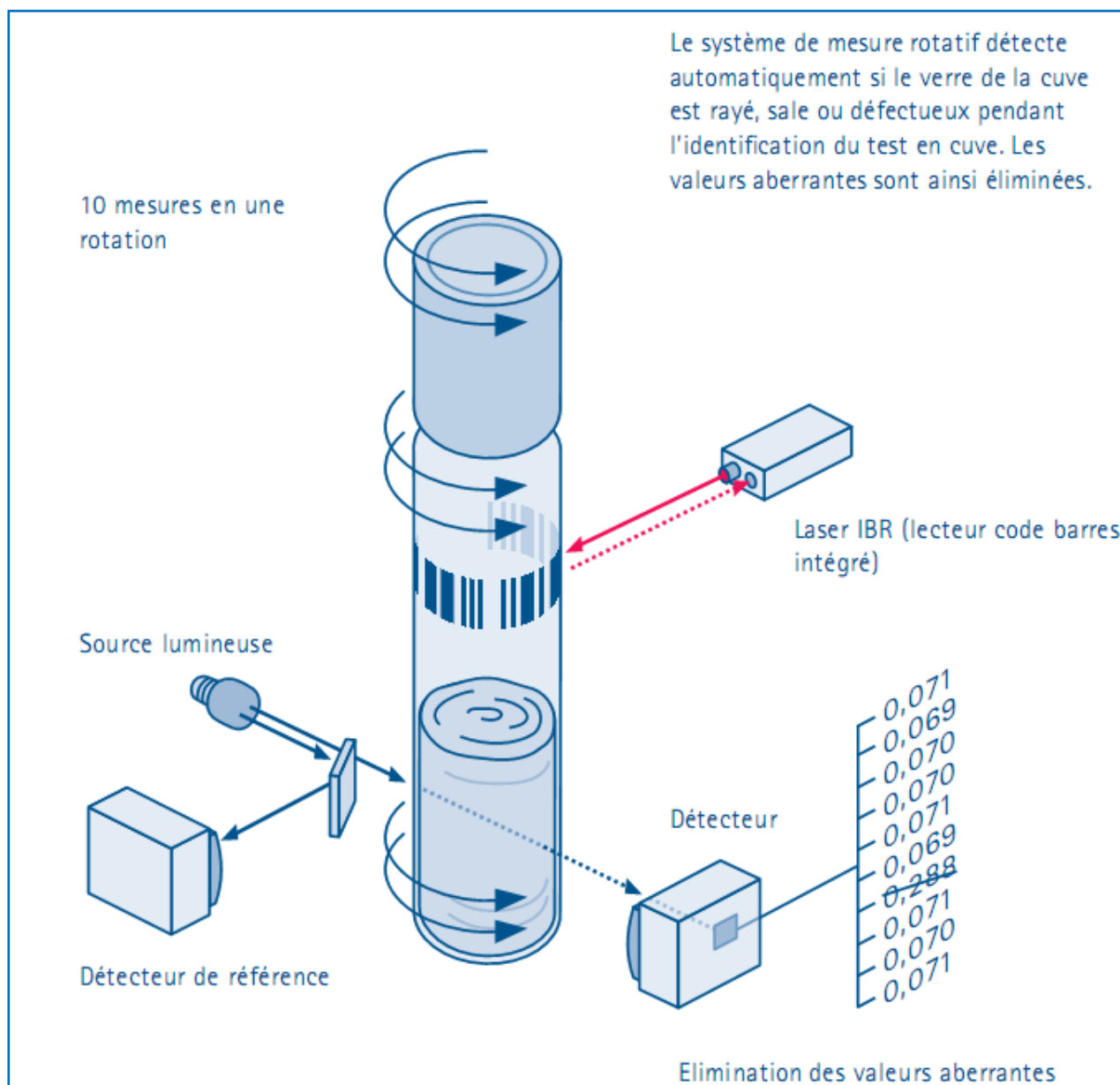


Figure 32. Principe de system de mesure rotatif par spectrophotomètre DR 2800

d. Mode Opérateur

Mesure de Chlorure Cl⁻

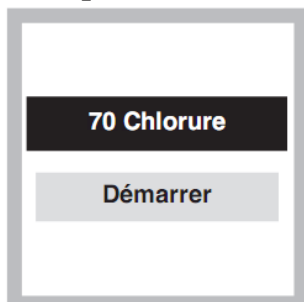
❖ Méthode Thio cyanate Mercurique

Le chlorure présent dans l'échantillon réagit avec le thiocyanate mercurique pour former du chlorure mercurique et libérer l'ion thiocyanate. Les ions thiocyanates réagissent avec les ions ferriques pour former un complexe orange de thiocyanate ferrique. La concentration de ce complexe est proportionnelle à la concentration de chlorure. La lecture est obtenue à 455 nm.

❖ Les étapes de manipulation



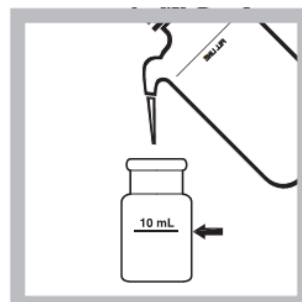
1. Appuyer sur **Programmes enregistrés**.



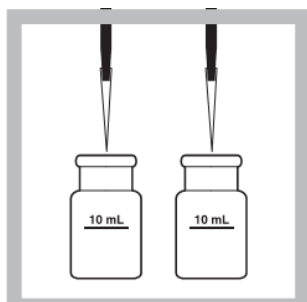
2. Sélectionner le programme d'analyse.



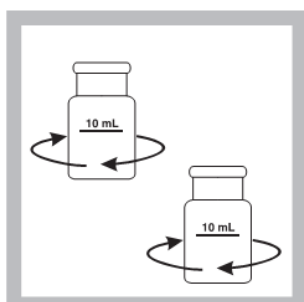
3. **Préparation de l'échantillon** : Remplir une cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon.



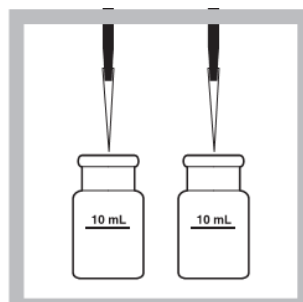
4. **Préparation du blanc** : Remplir une autre cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 mL avec de l'eau désionisée.



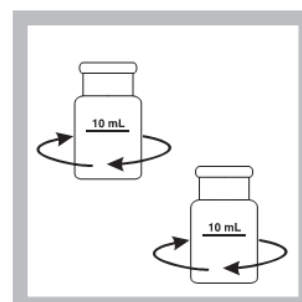
5. Pipetter 0,8 mL de solution de thiocyanate mercurique dans chaque cuve.



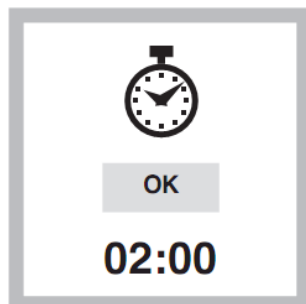
6. Agiter pour homogénéiser.



7. Pipetter 0,4 mL de solution ferrique dans chaque cuve.

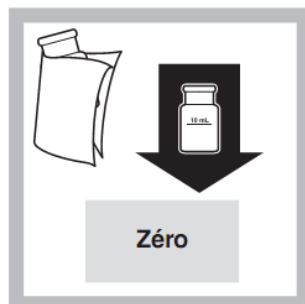


8. Agiter pour homogénéiser. En présence de chlorure, une coloration orange se développe.



9. Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur **OK**.

Une période de réaction de 2 minutes va commencer.



10. Dans les 5 minutes après le retentissement de la minuterie, essuyer l'extérieur du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.

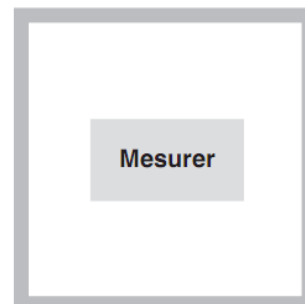
Sélectionner sur l'écran : **Zéro**

Indication à l'écran :

0,0 mg/L Cl⁻



11. Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.



12. Sélectionner sur l'écran : **Mesurer**

Les résultats sont indiqués en **mg/L Cl⁻**

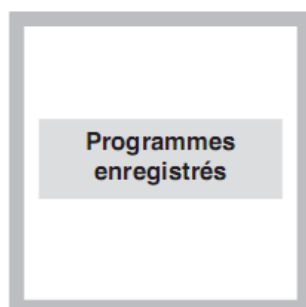
Consulter le mode d'emploi de l'appareil pour de plus amples informations sur les modalités de lecture.

Mesure de Nitrate NO₃⁻

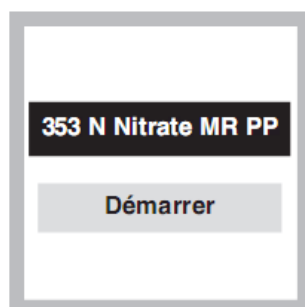
❖ Méthode de réduction au cadmium

Le cadmium réduit le nitrate dans l'échantillon en nitrite. L'ion nitrite réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium intermédiaire. Ce sel réagit avec l'acide gentisique pour former un complexe coloré ambre. La lecture est obtenue à 400 nm.

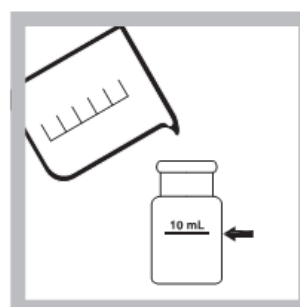
❖ Les étapes de manipulation



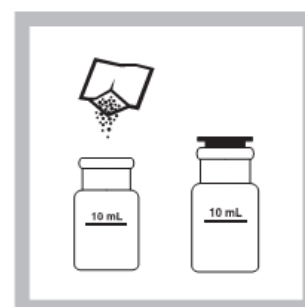
1. Appuyer sur **Programmes enregistrés**.



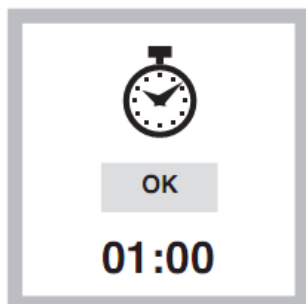
2. Sélectionner le programme d'analyse.



3. Remplir une cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon.



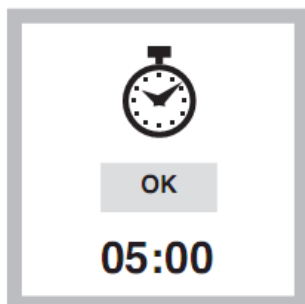
4. **Préparation de l'échantillon** : Transférer le contenu d'une pochette de réactif pour nitrate NitraVer 5 dans la cuve. Boucher.



5. Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur **OK**.

Une période de réaction de 1 minute va commencer.

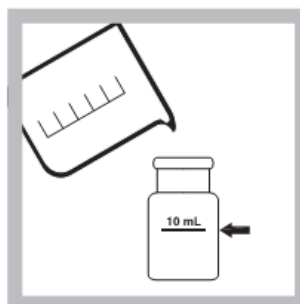
Durant la période de réaction, agiter énergiquement la cuve jusqu'à ce que la minuterie retentit.



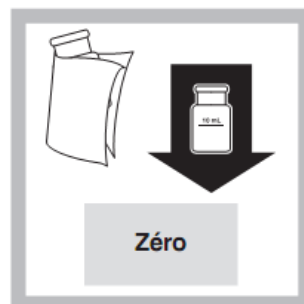
6. Lorsque la minuterie retentit, appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur **OK**.

Une période de réaction de 5 minutes va commencer.

Une coloration ambre apparaîtra en présence de nitrate.



7. **Préparation du blanc** : Lorsque la minuterie retentit, remplir une autre cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon.



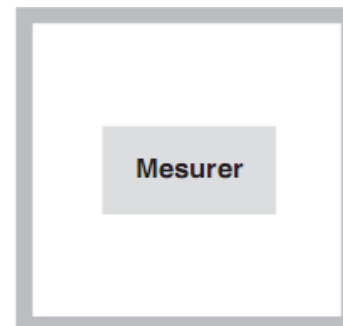
8. Essuyer l'extérieur du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.

Sélectionner sur l'écran : **Zéro**

Indication à l'écran :
0,0 mg/L NO₃⁻-N



9. Dans les 2 minutes après le retentissement de la minuterie, essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.



10. Sélectionner sur l'écran : **Mesurer**

Les résultats sont indiqués en **mg/L NO₃⁻-N**

Consulter le mode d'emploi de l'appareil pour de plus amples informations sur les modalités de lecture.

Mesure de Sulfate SO₄²⁻

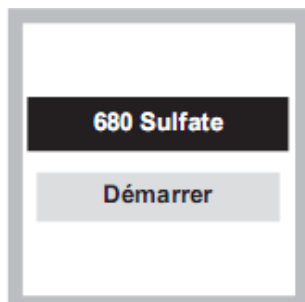
❖ Méthode au SulfaVer 4

Les ions sulfate de l'échantillon réagissent avec le baryum du SulfaVer 4 pour former un précipité de sulfate de baryum. L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate. La lecture est obtenue à 450 nm.

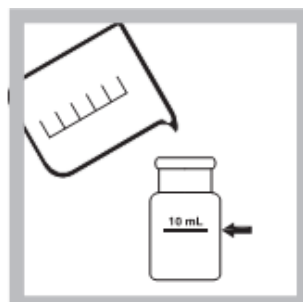
❖ Les étapes de manipulation



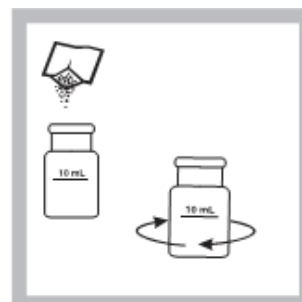
1. Appuyer sur **Programmes enregistrés**.



2. Sélectionner le programme d'analyse.



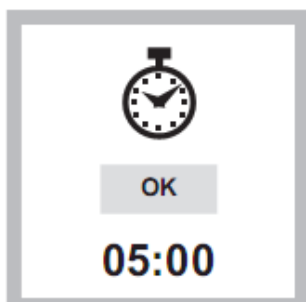
3. Remplir une cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon.



4. **Préparation de l'échantillon** : Transférer le contenu d'une pochette de réactif SulfaVer 4 dans la cuve.

Agiter pour homogénéiser.

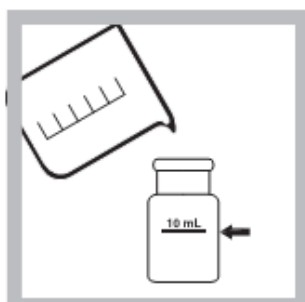
Une turbidité blanche apparaîtra en présence de sulfate.



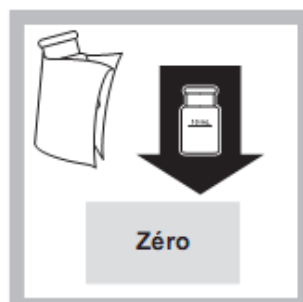
5. Appuyer sur l'icône représentant la minuterie. Appuyer sur **OK**.

Une période de réaction de 5 minutes va commencer.

Ne pas remuer la cuve durant cette période.



6. **Préparation du blanc** : Remplir une autre cuve carrée de 1" jusqu'au trait de 10 mL avec l'échantillon.

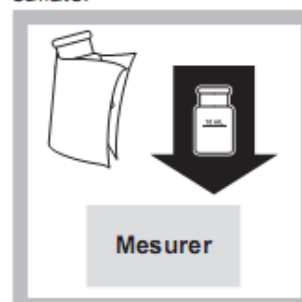


7. Lorsque la minuterie retentit, essuyer l'extérieur du blanc (cuve) et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.

Sélectionner sur l'écran : **Zéro**

Indication à l'écran :

0 mg/L SO_4^{2-}



8. Dans les 5 minutes après le retentissement de la minuterie, essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et l'introduire dans le compartiment de cuve en dirigeant le trait de remplissage vers la droite.

Sélectionner sur l'écran : **Mesurer**

Les résultats sont indiqués en **mg/L SO_4^{2-}**

Mesure de Calcium (Ca^+) et magnésium (Mg^+)

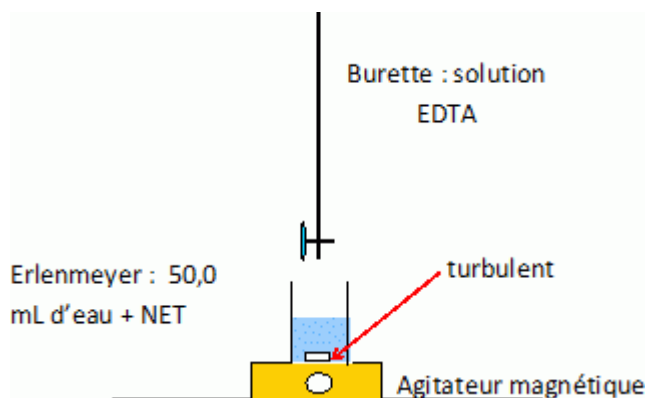
On utilise un dosage complexométrique par l'EDTA, dans un milieu tamponné à pH = 9 (obtenu à l'aide d'un tampon ammoniacal). On dose les deux ions simultanément selon le protocole suivant :

- Pipeter exactement Veau = 10 ml de l'eau étudiée et l'introduire dans un erlenmeyer de 150 mL.
- Ajouter une solution d'ammoniac à 7 mol.L⁻¹ jusqu'à atteindre pH = 9.
- Ajouter un peu de noir Eriochrome T (NET) de telle sorte que la solution soit colorée de manière soutenue tout en laissant encore la lumière traverser la solution.

• Doser la solution obtenue par l'EDTA à $C_1 = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. Le volume équivalent est repéré par le changement de couleur de la solution. On repère pour l'expérience ainsi réalisée V_1

Le NET donne en présence d'ions Mg^{2+} une coloration rouge due à la formation d'un complexe coloré. En l'absence d'ions Mg^{2+} , et dans le domaine de pH considéré, la couleur d'une solution contenant du NET est bleue. On supposera que l'eau étudiée contient suffisamment d'ions Mg^{2+} pour que le changement de couleur serve d'indication de dosage de Ca^{2+} et Mg^{2+} .

Faire un schéma clair et annoté du dispositif mis en oeuvre pour le dosage.



En exprimer, à l'équivalence, $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{eau}} + [\text{Mg}^{2+}]_{\text{eau}}$ en fonction de C_1 , V_1 et V_{eau} . ensuite l'application numérique.

Quantité de matière initiale d'ion calcium et magnésium : $([\text{Ca}^{2+}]_{\text{eau}} + [\text{Mg}^{2+}]_{\text{eau}}) V_{\text{eau}}$.

Quantité de matière EDTA versé à l'équivalence : $C_1 V_1$;

A l'équivalence : $C_1 V_1 = ([\text{Ca}^{2+}]_{\text{eau}} + [\text{Mg}^{2+}]_{\text{eau}}) V_{\text{eau}}$. $[\text{Ca}^{2+}]_{\text{eau}} + [\text{Mg}^{2+}]_{\text{eau}} = C_1 V_1 / V_{\text{eau}}$



Figure 33 : laboratoire d'analyse

Mesure de Calcium Potassium(K+) Sodium (Na⁺)

❖ Méthode colorimétrique avec bandelettes-test

Permet une mesure très précise du potassium et du sodium dans l'eau thermale. Sodium, Potassium test permet de réaliser environ 50 mesures. Il est livré avec une solution de référence de potassium et sodium. Avec cette solution de référence de Na, K et d'un nouveau système de lecture, les résultats sont précis.

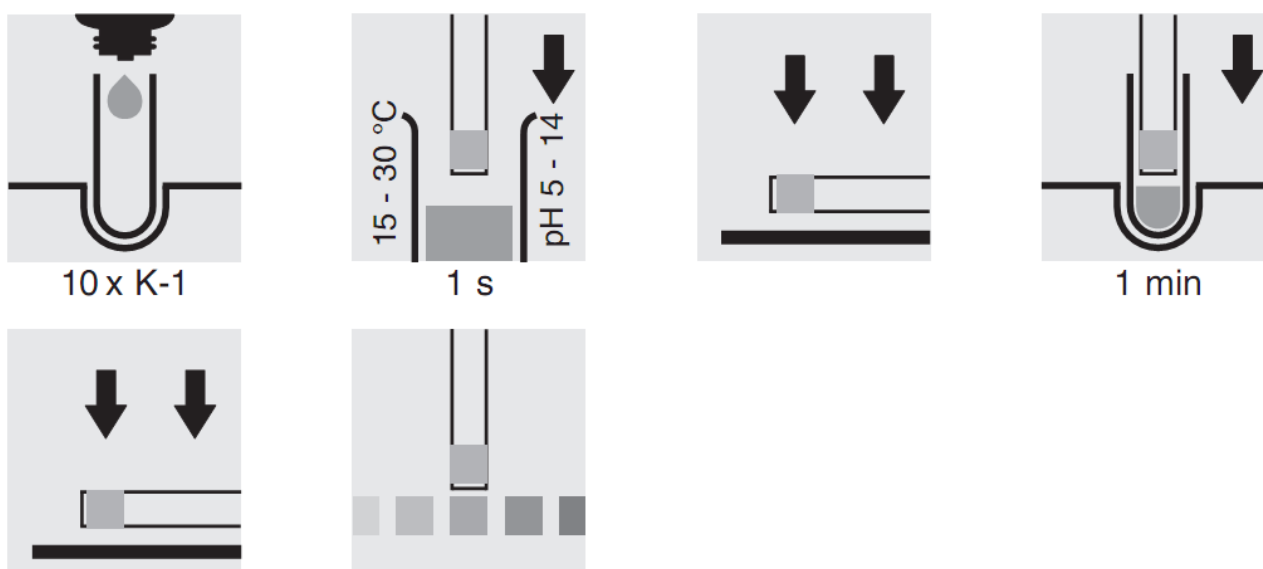


Figure34. Malet de mesure de Potassium (K⁺) et Sodium (Na⁺) avec bandelettes-test

❖ Mode opératoire

1. Placer un petit tube à essai dans l'évidement prévu du calage thermoformé de l'emballage.
2. Introduire dans le petit tube à essai: 10 gouttes de solution de réactif
3. Plonger la zone réactionnelle de la bandelette-test 1 seconde dans l'échantillon préparé Faire écouler l'excédent de liquide sur le côté long de la bandelette sur du papier absorbant
4. Plonger la zone réactionnelle de la bandelette-test 1 minute dans la solution de réactif.
5. Retirer la bandelette, faire écouler l'excédent de liquide sur le côté long de la bandelette sur du papier absorbant et identifier immédiatement la zone colorée de l'étiquette se rapprochant le plus de la couleur de la zone réactionnelle.
6. Lire le résultat correspondant en mg/l de K⁺ ou évaluer un résultat intermédiaire.
7. Refaire tout les étapes pour Na⁺ Lire le résultat correspondant en mg/l de Na⁺ ou évaluer un résultat intermédiaire.

❖ Les étapes de manipulation



IV.3.1. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet de représenter le faciès chimique d'un ensemble d'échantillons d'eaux.

Il est composé de deux triangles équilatéraux à la base surmontés d'un losange au milieu permettant de représenter le faciès hydro chimiques des eaux par rapport à la concentration relatives des cations et des anions.

Ce type de diagramme est particulièrement adapté pour étudier l'évolution du faciès des eaux lorsque la minéralité augmente ou bien pour distinguer des groupes d'échantillons.

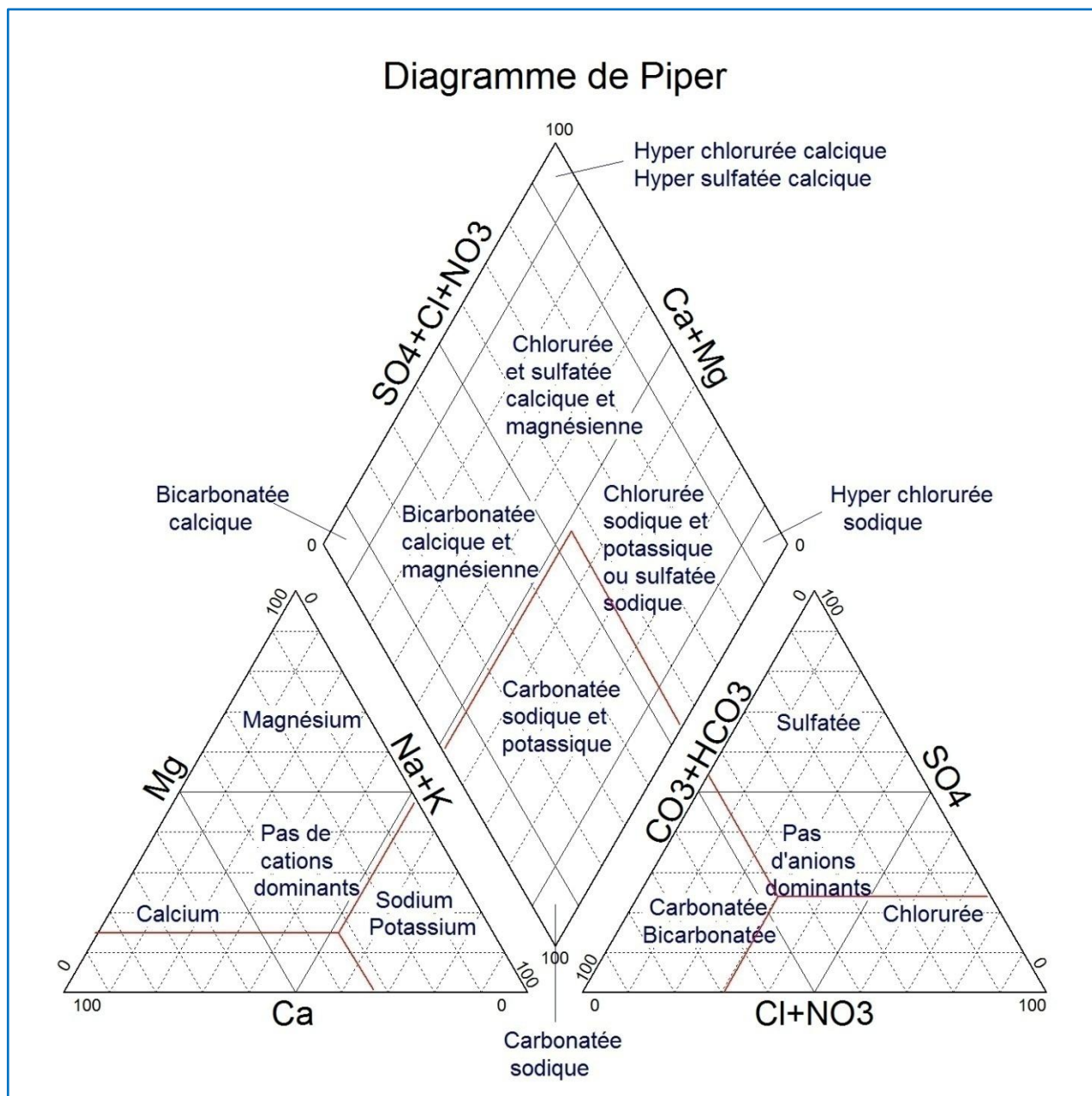


Figure 35. Diagramme de Piper

V.1. Discussion des résultats

V.1.1. Mesures In Situ : Paramètres Physiques

Plusieurs sorties de terrain ont été réalisées sur les différents sites de prélèvement et d'échantillonnage d'eau. Des mesures in-situ sont réalisées simultanément aux différentes opérations d'échantillonnage afin de remonter à l'origine du chimisme souterrain.

Des mesures de conductivité électrique, de température, du pH et de la salinité ont été effectuées sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre, type Consort 933, du laboratoire de biologie de l'université de Khenchela

d. La Température

La température joue un rôle primordial dans la solubilité des sels et des gaz, donc sur la conductibilité. Elle permet de différencier entre les eaux qui circulent en profondeur et celles qui circulent près de la surface, c'est l'un des facteurs qui influe sur la vitesse des réactions chimiques c'est un paramètre physique qui permet de déceler des zones de mélange d'eau et de nouvelles contaminations saline.

On remarque que les températures élevées témoignent d'une origine profonde de ces eaux.

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision.

Les mesures de la température de ces sources nous permettent de les classer selon leur Température

Tableau 4 : classification des eaux étudiées, selon leur température

Point de l'eau	Température (°C)	Classification
Hamam El Kenif	48	Eaux mésothermales
Hamam El Salihine	73	Eaux hyperthermales
Hamam Chellala	94	Eaux hyperthermales

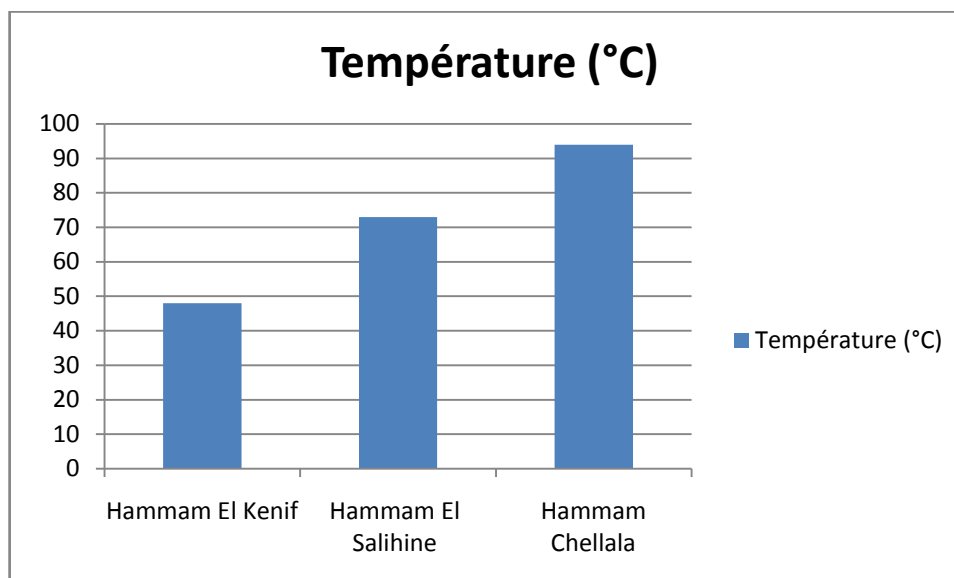


Figure 36 : température mesurée des trois sources

Il est aisé de constater que la température des trois sources thermales n'est pas influencée par la température de l'air car l'échauffement de ces eaux se fait à de grandes profondeurs à l'abri de toutes influences venant de l'extérieur.

Nous constatons que les eaux thermales se chauffent à de grandes profondeurs car elles ne sont pas influencées par la température de l'air

e. le potentiel d'hydrogène

Le potentiel hydrogène mesure l'activité des ions H^+ dans une eau, plus simplement, il mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une solution.

Les valeurs du pH mesurées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Valeurs du pH mesuré

Site	Hammam El Kenif	Hammam Salihine	Hammam challala
pH	6,80	7,20	7,30

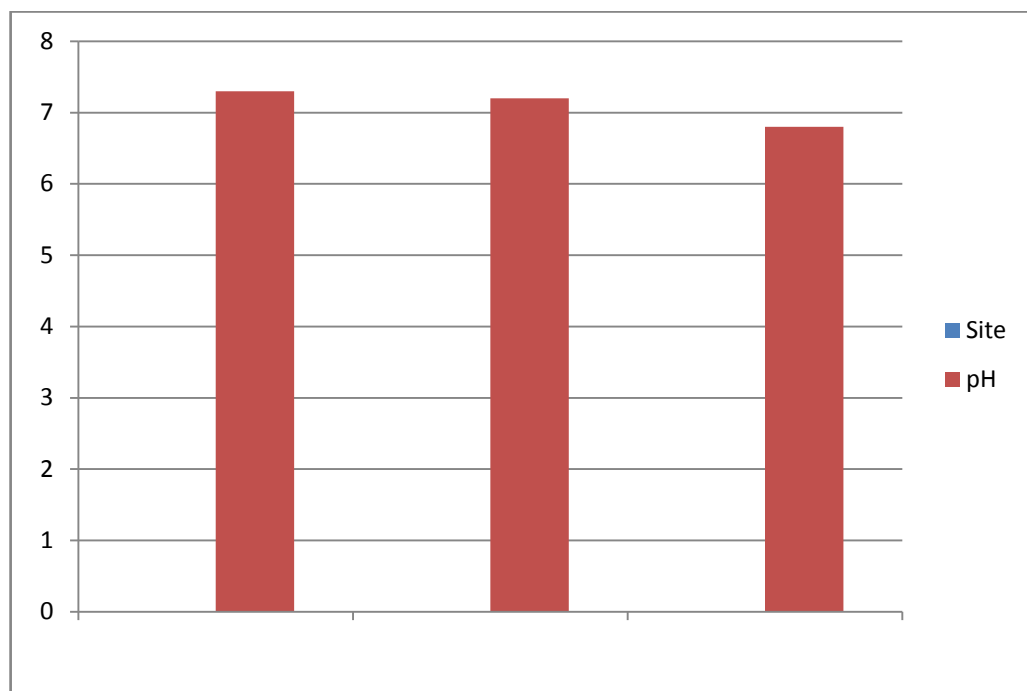


Figure 37 : pH mesuré des trois sources

Le pH de toutes les eaux est voisin de la neutralité présente une variation de 6,8 à 7,20, et 7,30 avec un caractère plus ou moins alcalin.

f. La conductivité électrique

Comme pour la mesure de pH, le conductimètre nécessite un étalonnage régulier. L'incertitude de la mesure est bien évidemment fonction de la minéralisation de l'échantillon. Elle est classiquement fixée à $\pm 5\%$, La corrélation entre C.E. 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, cette démarche a été appliquée sur le terrain.

Les valeurs la conductivité électrique mesurées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Valeurs de la conductivité électrique mesurées

Site	Hammam Chellala	Hammam El Salihine	Hammam El Kenif
Conductivité électrique ($\mu\text{S/cm}$)	3050	3810	4010

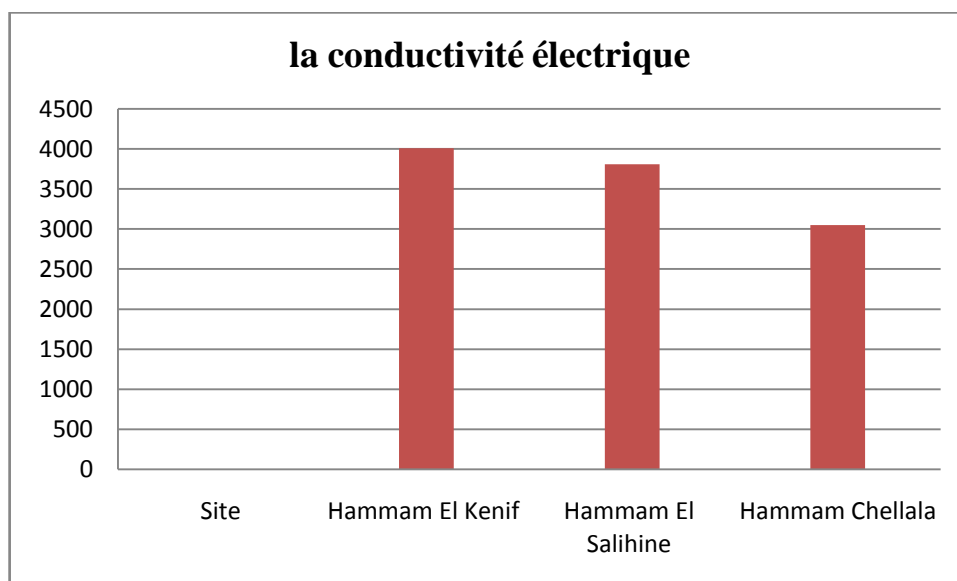


Figure 38 : la conductivité électrique mesurée des trois sources

Nous constatons que les valeurs de conductivités mesurées à Hammam El Salihine et Hammam El Kenif sont proches, ceci témoigne qu'ils proviennent du même gisement hydrothermale. Toutes Les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont par la nature géologique des terrains traversées et par la dissolution des formations évaporitiques riches en sels.

Ces valeurs indiquent que les eaux thermales de Khenchela et de Guelma proviennent du lessivage des terrains triasiques gypso-salifères et sont caractérisés par une forte concentration liée à la grande solubilité des sels (Na Cl, CaSO₄ 2H₂O, CaSO₄ et Na₂SOH).

V.1.2. Mesures au laboratoire

La mesures des concentrations des éléments majeurs et mineurs a permet d'adopter les résultats suivants :

c. Les cations

❖ Calcium Ca⁺²

La présence des ions Ca⁺² dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles :

Soit la dissolution des formations carbonatées ($\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{CO}_3^{-2}$)

Soit la dissolution des formations gypseuses $\text{CaSO}_4 + 2(\text{H}_2\text{O}) \rightarrow \text{Ca}^{+2} + \text{SO}_4^{+2} + 2(\text{H}_2\text{O})$.

Une teneur faible en calcium fait penser à un échange de base contre le sodium ou à l'absence de minéraux riches en calcium faiblement altérables. Par contre une teneur élevée en calcium provient de la mise en solution du gypse ou de l'anhydrite.

❖ Le magnésium Mg^{+2}

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium, magnésite :



Quant la dolomie est attaquée, il n'y a pas de solubilité sélective, il y a autant de calcium que de magnésium. Si toutefois la quantité du calcium dépasse celle du magnésium, l'eau aurait obtenu sa minéralisation du calcaire. Par contre une teneur élevée en magnésium peut faire penser à une contamination d'eau de mer ou du lessivage des minéraux magnésiens.

On pense ici que les apports en magnésium proviennent de la dissolution des formations évaporitiques, ces concentrations indiquent que ces eaux sont influencées par la dissolution des Formations carbonatées et les formations gypseuses.

❖ Le sodium Na^+

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.

L'existence d'inclusion évaporitiques sous forme de roches salines riches en $NaCl$ et $CaSO_4$ et Na_2SO_4 (Halite, gypse et muabilités peut être aussi à l'origine de cet élément.

Ces concentrations témoignent d'un apport salifère depuis les formations évaporitiques liées aux Sebkhass qui se trouvent près de la région de Khenchela, d'ailleurs ces points présentent les valeurs les plus élevées à l'est de l'Algérie.

❖ Le potassium K^+

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées, des argiles potassiques.

En général le potassium dépasse rarement les **10 ou 20 mg/l** dans les eaux thermale.

Sur notre terrain la teneur en potassium dans les eaux Hammam El Salhine et Hammam El Kenif est presque identique de l'ordre de **22mg/l**

d. Les anions

❖ Les chlorures Cl^-

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. L'effet de la salinité marine, les bassins endoréiques (Chotts, Sebkhass), les eaux fossiles ou cannées, le salage des routes et l'adoucissement des eaux par les résines peuvent aussi être à l'origine de cet élément. Généralement les eaux riches en chlore sont riches en sodium parfois le calcium remplace le sodium.

Les de Cl^- 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 liées à la Sebkhass se trouvant près de ces régions.

❖ Les sulfates SO_4^{2-}

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 (Vieille, 1983) ainsi qu'à l'apport anthropique (origine agricole).

Donc la présence des sulfates est beaucoup plus liée aux formations gypseuses.

❖ Les bicarbonates HCO_3^-

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

❖ Les nitrates NO_3^-

Les nitrates, représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. L'apport atmosphérique en nitrates est faible, la teneur naturelle des eaux thermale en cet élément est également faible; elle dépend des types de sols, de la végétation qui les recouvrent ainsi que du taux d'oxygénation dans la zone noyée. On peut dire aussi que l'origine des nitrates dans les eaux thermale est essentiellement externe (apports anthropiques). Les nitrates sont utilisés comme indice de pollution.

Tableau.8 : Analyses chimiques en éléments majeur (mg/l) et paramètres physico-chimiques

Point d'eau	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
Hamмам ESSALHINE	120	33	661	21	901	289	260	2
Hamмам ELKENIF	126	20	669	25	802	432	324	5
Hamмам Chellala	186	36	224	44	370	388	367	8

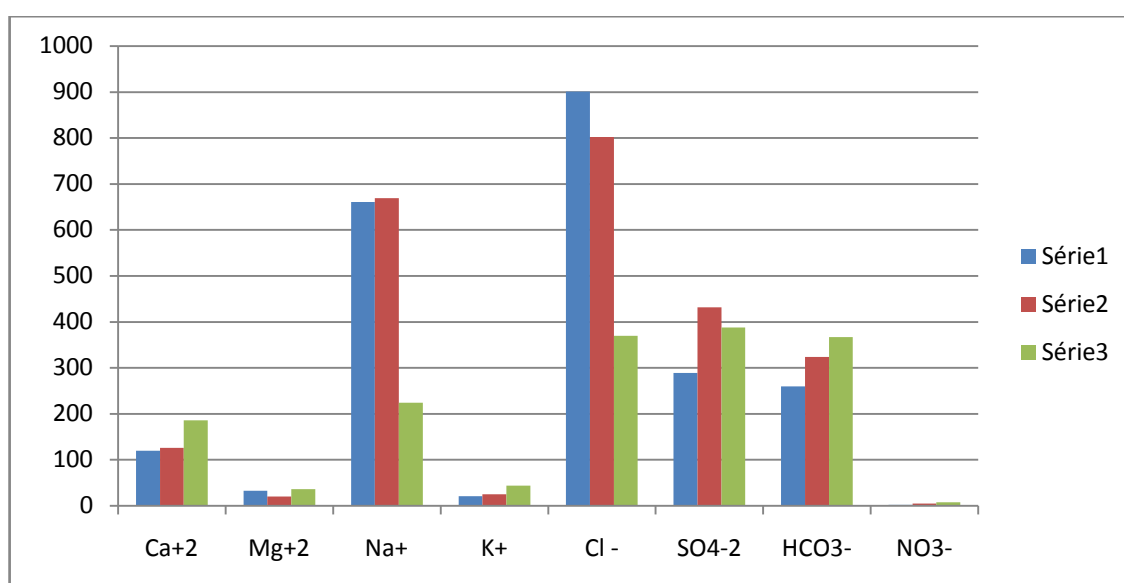


Figure 39 : Analyses chimiques en éléments majeurs (mg/l)

Représentation graphique des résultats des analyses chimiques

V.2. Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper est composé de deux triangles équilatéraux à la base (un pour les anions et l'autre est destiné aux cations), avec un losange au milieu. Les cotés des triangles sont divisés en 100 parties égales.

Chaque élément est représenté sur le triangle par rapport à ses paires de même nature. La projection des points sur le losange par deux droites menées depuis les triangles correspond au faciès chimique

Cette représentation graphique est utilisée pour déterminer le faciès chimique des eaux et suivre ses variations dans l'espace et dans le temps.

Il permet également de voir l'évolution d'une eau, passant d'un faciès à un autre, grâce à des analyses espacées dans le temps ou des analyses d'échantillons pris à des endroits différents. Le diagramme de Piper est très utile pour représenter toutes autres sortes de groupes d'analyses.

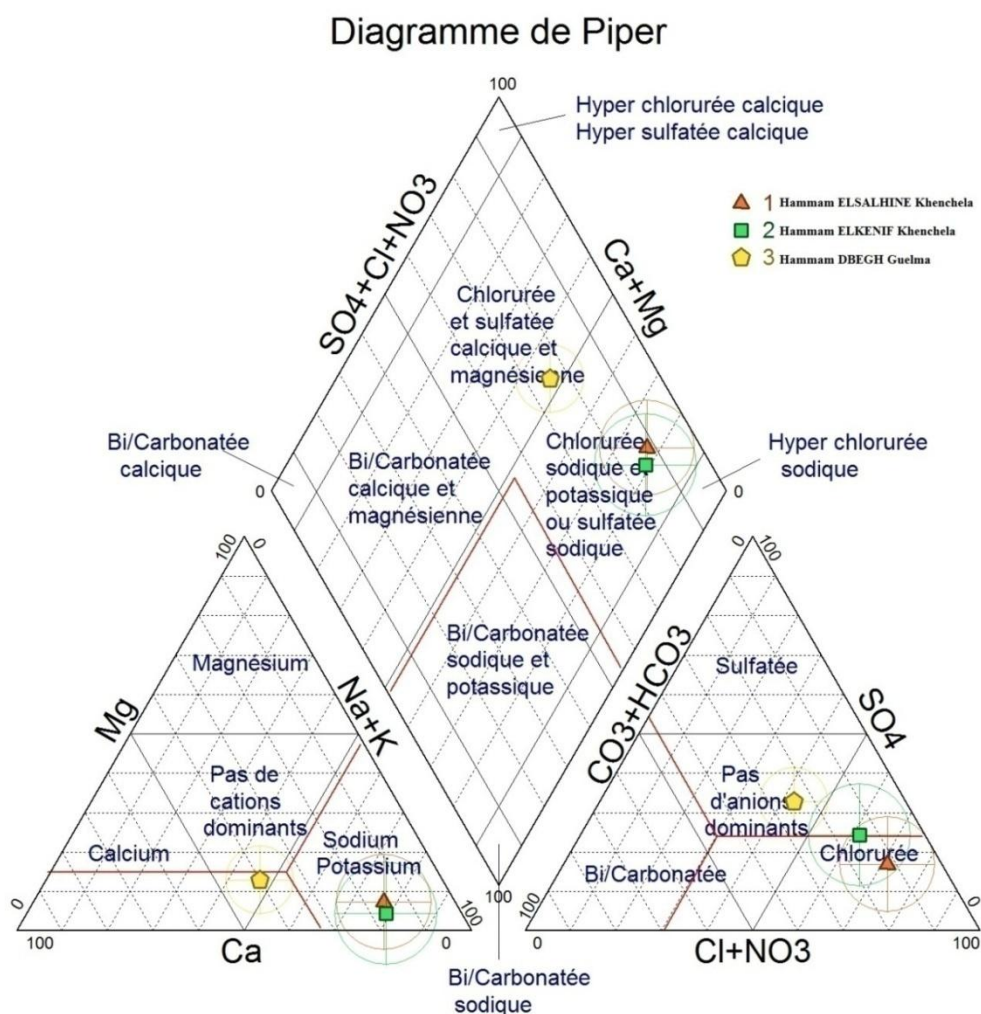


Figure 40 : Diagramme de Piper, Représentations les faciès chimique

V.3.1. Hammam EL Salhine et Hammam El Kenif

D'après la représentation graphique du diagramme du Piper, ces eaux de Hammam El Salihine sont de nature **Chlorurées sodiques et potassiques**, celles de Hammam El Kenif sont de nature **Chlorurées sodiques et potassiques**. **Donc elles ont le même faciès chimique.**

V.3.2. Hammam EL Salhine et Hammam El Knif

a- Propriétés thérapeutiques et Soins conseillés

Sources : Hammam Salhine et Hammam El Knif

-Facies chimiques : Chlorurées sodiques et potassiques

-Température des eaux Hammam Salhine : **73 °C**

- Hammam El Knif : **48 °C**

Etant donnée qu'elles possèdent un faciès identique il serait beau de les utiliser dans le traitement de certaines affections rhumatismales, dermatologique et aussi osseuses

Iles t conseille aussi d'utiliser les eaux chaudes dans la balnéothérapie (infirmité mineure)

Elles contiennent du chlorure de sodium et ont un effet stimulant sur la croissance. Elles sont également indiquées dans le traitement des troubles du développement et pour la rhumatologie.

b-Modes de traitement

1. Les massages sous l'eau:

Grâce à des techniques d'effleurage, de vibration, de percussion et de pétrissage, ce massage,

Pratiqué par un masseur-kinésithérapeute diplômé d'état, décontracte, assouplit les muscles et calme L'hyperexcitabilité nerveuse. Ce massage dure 20 minutes.

2. Les bains en piscine ont un effet sédatif et rééquilibrant du système

Nerveux (apaisement de certaines tachycardies, de l'angoisse), cette technique de traitement se pratique de nos jours dans l'oued el Kissen et les fouilles d'eau car la température des eaux très ambiante et myorelaxante.

3. Le bain douche en immersion - déjà évoqué dans l'indication rhumatologie – à des effets

Toniques, décontracturant et antistress.

V.3.3 Hammam_Chellala

Source : **Hammam Chellala**

Faciès chimique : **Chloruré sodique et sulfaté**

Températures des eaux : **94°C**

A partir de la représentation graphique du diagramme de Piper l'eau de hammam Chellala est de nature **chlorurée sodique et sulfaté**

V.3.3.1 propriétés thérapeutiques et Soins conseillés

Les eaux sont d'une nature saline, avec une odeur sulfureuse, leurs faciès chimique est chloruré sodique, avec dégagement d'hydrogène sulfuré.

Il semblerait, d'après la bibliographie, que les eaux de hammam chellala sont utilisées dans le traitement de plusieurs pathologies. Les cures les plus répandues sont : Les indications sont prioritairement rhumatologiques mais aussi respiratoires (ORL et bronches)

La durée traditionnelle d'une cure est de trois semaines. Il n'existe cependant pas de données scientifiques justifiant une telle durée (qui reste donc fondée sur l'empirisme).

Les techniques thermales sont très nombreuses. Il peut s'agir de cures de boisson, de cures externes, de bains, de douches, d'applications locales thermales, d'utilisation de vapeur ou de gaz thermal, de boues (peloïdes).

On différencie trois grands types de cures :

- 1- les cures de boisson, surtout réservées aux pathologies digestives, urinaires ou métaboliques,
- 2-les cures dites "de contact" pour les affections respiratoires, dermatologiques ou gynécologiques
- 3-les cures par hydrothérapie externe prédominante utilisant les caractères physiques d'agents thermaux. Ces dernières s'utilisent en cas de maladie rhumatologique, neurologique, artérielle, veineuse ou psychosomatique.

En matière de thermalisme, les indications ne concernent pas, comme ailleurs une (ou plusieurs) maladie(s), mais, curieusement, une spécialité.

RH : Rhumatologie et séquelles de traumatismes ostéo-articulaires

VR : Maladies des voies respiratoires

MCA : Maladies cardio-vasculaires

AU : Maladies de l'appareil urinaire et maladies métaboliques

AD : Maladies de l'appareil digestif et maladies métaboliques

DER : Dermatologie

TDE : Troubles du développement chez l'enfant

Les indications actuelles du thermalisme sont majoritairement fondées sur l'empirisme. L'enseignement discutera les indications actuellement validées (à partir d'essais cliniques bien conduits) et présentera les contre-indications (et non indications) des cures thermales.

Un exemple pratique : quelles indications des cures en Rhumatologie ?

Les affectations rhumatologiques, et principalement l'arthrose, constituent le motif le plus fréquent des demandes de cure thermale. La plupart des stations thermales françaises sont agréées pour la rhumatologie : la moitié ont la rhumatologie comme orientation principale, les autres ont ajouté la rhumatologie à leur orientation principale, pour des raisons évidentes de "marché", quelle que soit la nature de l'agent thermal utilisé. C'est ainsi que des eaux de compositions très différentes ont la même indication à l'encontre des principes traditionnels de spécificité de l'eau et de spécialisation des stations.

Conclusions:

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. L'intérêt de Nérès-les-Bains réside dans sa triple indication avec l'opportunité d'associer deux orientations pour une même cure et de traiter simultanément deux pathologies.

La pathologie dominante est appelée « affection principale » et la seconde « affection secondaire ».

Conclusion générale

Nous avons essayé, par ce travail d'étudier les sources thermales de l'est Algérien.

Notre étude est une contribution à la compréhension du thermalisme à la région des Aurès.

L'étude climatologique a montré que la région d'étude appartient au climat semi-aride dans la wilaya de Khenchela, son bilan hydrique est déficitaire, et au climat subhumide dans la wilaya de Guelma.

L'aperçu hydrogéologique de la wilaya de Khenchela 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 Na et le Cl ils viennent principalement de l'effet de l'altération des schistes et des gneiss, d'origine profonde et enfin les éléments Mg et Ca 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 a donné un faciès chimique (Nom chimique des eaux) chloruré sodique et potassique, pour les deux sources thermales Hammam El Salihine et Hammam El Kenif dans la wilaya de Khenchela, et chloruré sodique et sulfaté pour la source de Guelma.

Une cure thermique 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. L'intérêt de Nérès-les-Bains réside dans sa triple indication avec l'opportunité d'associer deux orientations pour une même cure et de traiter simultanément deux pathologies

Une telle conclusion peut être discutée. Nous pensons alors qu'il est indispensable d'opter pour d'autres méthodes pour arriver à des résultats plus convaincants. Nous espérons par ce travail avoir contribué d'une façon admissible dans le domaine du thérapeute en Algérie.