

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière: "Sciences Biologiques"

Spécialité: "Microbiologie Appliquée"

Intitulé du mémoire

**Caractérisation physico-chimique et microbiologique d'une eau thermale
(Hammam BOUHANIFIA MASCARA)**

Présenté et soutenu publiquement par

-LABGAA Souad

-LABED Halima

Devant le Jury:

-Présidente: Mme .KHADEM H.

-Promotrice: Mlle. ABDI F. Z .

-Examinatrice: Mme. BOUBAKEUR B.

Année universitaire: 2017–2018

Remerciements

Avant tout développement sur cette expérience professionnelle, il apparaît opportun de commencer ce mémoire par des remerciements, à Dieu le tout puissant qui nous a donné, le pouvoir et la patience pour le terminer.

*Nous remercions notre promotrice, **M^{elle} ABDI Fatima Zohra** pour son encadrement et ses aides précieuses.*

*Nous remercions également la présidente **Mme. KHADEM H.** d'avoir accepté de présider notre jury.*

*Aussi nos cordiaux remerciements à **Mme. BOUBAKEUR B** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nos sincères reconnaissances à nos enseignants du département: **BIOLOGIE***

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ainsi l'expression profondes de nos gratitude et respects.

Dédicace

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

*A celui qui a été toujours Mon support dans cette vie, celui qui me donne le courage éclatant pour continuer à chaque fois que j'ai l'impression de reculer...**papa** que **DIEU** vous protège*

*A celle qui était et qui restera mon soutien dans cette vie, à celle qui m'a renseigné comment aimer le DIEU ; comment fait apparaître le succès et la prospérité du sein du mal et des problèmes...à vous **maman**, que **DIEU** vous protège et vous donne la pleine santé et le plein bonheur du monde, de joie et d'attestations.*

*A Mes très chers frères **Noureddine, Okba** et Mes très chères sœurs **Fariha, Nadjat, Hind**, et toutes mes familles **LABGAA** et **BENGOURINA**, je vous réserve toujours une place dans mon cœur et mes pensées. A mes amies, **Wahiba, Halima, Dalila, Khadija, Fatima, Sabrine, Khaira, Bouchra, Nabila**.*

Et tous mes Amis sans exception. A tous les étudiants d'université de Tiaret.

Souad

Dédicace

Au symbole de la tendresse, de la douceur et de l'amour, à ma chère Maman, qui m'a sacrifié tout sa vie et ses efforts.

*A mes chères frères : **Lazreg et Ahmed***

*A mes chères sœurs : **Khaldia et Djamila***

A mes enseignants qui ont contribué à ma formation pendant le cursus scolaire.

*A mes amis : **Dalila, Fatima, Khadija, Khaira, Sara, Mimouna.***

*A ma binôme : **Souad** et a toute la promotion de Microbiologie Appliqué.*

Halima



SOMMAIRE

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Les eaux thermales

I-1/ Historique.....	01
I-2/ Définition de l'eau thermale.....	01
I-3/ Classification géochimique des eaux thermales.....	01
I-4/ Eaux thermales en Algérie.....	02
I-5/ Classification des eaux thermales en Algérie.....	02
I-6/ La législation des eaux thermales en Algérie.....	03
I-6-1/ Protection des eaux thermales.....	03
I-6-2/ Normes de qualité des eaux thermales.....	03

Deuxième partie : Etude expérimentale

Chapitre I : Hammam Bouhanifia

I-1/ Présentation de la zone d'étude.....	05
I-1-1/Situation géographique.....	05
I-2/Indications thérapeutiques.....	06

Chapitre II : Matériels & méthodes

II-1/Objectif.....	07
II-2/Le protocole expérimental.....	07
II-3/Echantillonnage et mode de prélèvement.....	08
II-4/Transport et conservation au laboratoire pour les analyses	08
II-5/Méthodes d'analyses.....	08

II-5-A/ Détermination des paramètres physico-chimiques des eaux thermales.....	08
II-5-A-1/ Caractéristiques physiques	08
II-5-A-2/ Analyses chimiques.....	10
II-5-B/ Analyses microbiologiques des eaux thermales.....	17
II-5-B-1/ Recherche des bactéries aérobies revivifiables à 22 et 37 °C	17
II-5-B-2/ Recherche des coliformes totaux et coliformes fécaux.....	17
II-5-B-3/ Recherche des streptocoques fécaux	19
II-5-B-4/ Recherche des spores de Clostridium sulfito-réductrices.....	20
II-5-B-5/ Recherche des Acinetobacters.....	21
II-5-B-6/ Recherche des champignons.....	21
II-5-B-7/Recherche de <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	22

Chapitre III : Résultats & discussions

III-1/ Présentation des résultats.....	23
III-1-1/ Résultats des analyses physico-chimiques des eaux thermales.....	23
III-1-2/ Résultats des analyses microbiologiques des eaux thermales.....	24
III-2/ Discussion des résultats d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.....	26
III-2-1/ Résultats des analyses physico-chimiques des eaux thermales.....	26
III-2-1-a/ Résultats des analyses physiques.....	26
III-2-1-b/ Résultats des analyses chimiques.....	29
III-2-2/Résultats microbiologiques.....	36

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

°F : Degré Française.

Art : Article.

BCPL : Bouillon Lactose au Poudre de bromocrésol.

CE : Conductivité électrique ($\mu\text{s.cm}^{-1}$).

D/C : Double concentration.

e : Equivalent atomique.

EDTA : Ethylène diamine tétra-acétique.

EVA : éthyle violet azide.

Gélose (VF) : Gélose Viande et Foie.

GN : Gentamicine.

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne.

M : Molarité (mol/l).

M.E.S : Matière en Suspension.

meq/l : Milliéquivalent gramme par litre.

meqg : milliéquivalent gramme

N : Normalité (ég g/l).

N.E.T : Noir d'Eriochrome T.

NPP : Nombre le plus probable.

PET : Tétraphthalate polyéthylène.

R.S : Résidu sec.

S/C : Simple concentration.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

T.G.E.A : Gélose à l'Extrait de levure Tryptonée.

TH : Titre Hydrométrique.

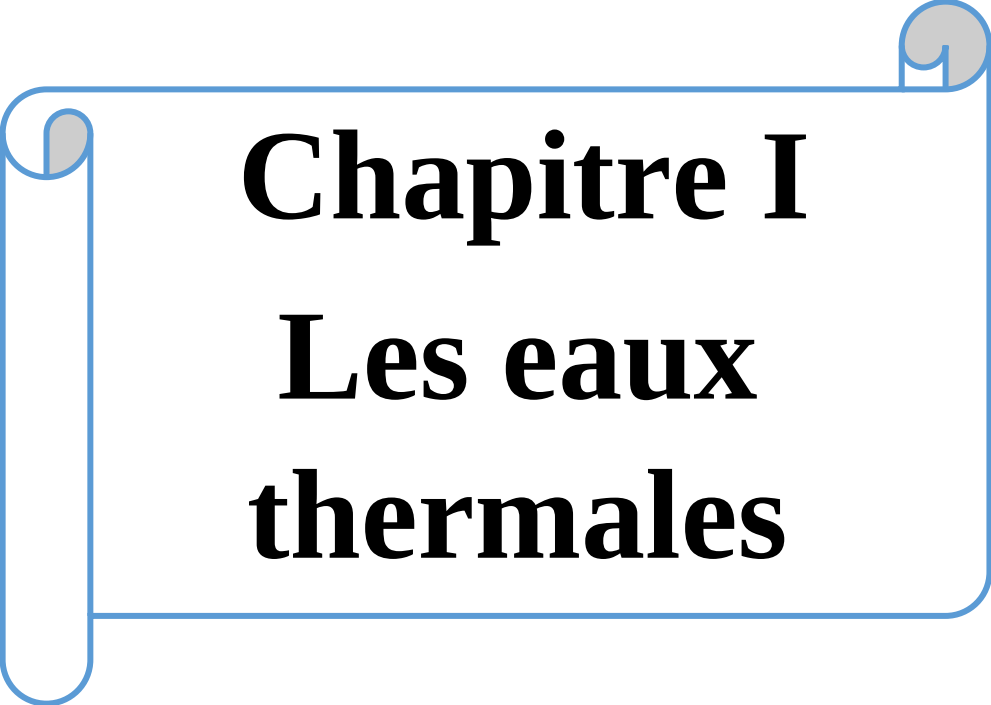
UFC : unité formant une colonie.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Résultats des analyses physico-chimiques des eaux thermales de Hammam Bouhanifia.....	23
Tableau 02 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	24

Liste des figures

Figure N° 01 :	Carte géographique de la zone d'étude.....	05
Figure N° 02 :	Diagramme montrant le protocole expérimental.....	07
Figure N° 03 :	Détermination de la température de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	26
Figure N° 04 :	Détermination de pH de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	27
Figure N° 05 :	Détermination des résidus Sec de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	27
Figure N°06 :	Détermination de la matière en suspension de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	28
Figure N° 07 :	Détermination de la conductivité électrique de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	29
Figure N° 08 :	Détermination de la matière organique de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	29
Figure N° 09 :	Détermination de TAC de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	30
Figure N° 10 :	Détermination de la dureté totale de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	31
Figure N °11 :	Résultats de la teneur en calcium de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	31
Figure N° 12 :	Résultats de la teneur en magnésium de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	32
Figure N° 13 :	Résultats de la teneur en chlorure de l'eau thermale de Hammam Bouhanifa.....	33
Figure N°14 :	Résultats de la teneur de sodium d'une thermale de Hammam Bouhanifia.....	33
Figure N° 15 :	Résultats de la teneur de potassium de l'eau de Hammam Bouhanifia.....	34
Figure N° 16 :	Résultats de la teneur de sulfate de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	34
Figure N° 17 :	Résultats de la teneur en Nitrite de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	35
Figure N° 18 :	Résultats de la teneur en Nitrate de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.....	35



Chapitre I

Les eaux thermales

I-1/ Historique

Les traces retrouvées dans les stations thermales remontent à l'époque romaine. En effet, les romains construisirent leurs sites autour de ces sources.

Les sources thermales furent aussi bien exploitées par les arabes, en effet très souvent des sources portent le nom d'un marabout qui a vécu dans la région comme Hammam Bouhadjar.

Les Turcs aussi très amateurs des bains chauds construisirent dans les villes plusieurs bains avec des installations permettant le stockage de l'eau de source.

Pendant l'époque coloniale, les français construisirent des hôpitaux thermaux autour des sources pour y soigner les blessés et convalescents (**OUALI, 2008**).

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

I-2/ Définition de l'eau thermique

C'est une eau d'origine souterraine naturellement chaude à son émergence, dotée de propriétés thérapeutiques et utilisée dans un établissement thermique. Son application en médecine thermique fait appel aux éléments chimiques contenus dans les eaux, les gazes et les boues. Les eaux chaudes ont été recherchées par l'homme pour se soigner dès le tout premier âge de l'humanité (**BEKKOUCHE, 2016**).

I-3/ Classification géochimique des eaux thermales

Selon **Issaâdi (1992)**, la classification des eaux thermales, selon leur température d'émergence, est la suivante :

- **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 est 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.

I-4/ Eaux thermales en Algérie

La découverte à Hammam Meskhoutine de trois petites stèles à figures naïves montre qu'il existait un établissement balnéaire à cet endroit et ce, dès l'époque punique. Les romains lorsqu'ils occupèrent le royaume numide devaient construire des établissements thermaux sur les principaux griffons et agglomérations (**BEKKOUCHE, 2016**). De nombreux restes de ces établissements thermaux sont encore visibles dans l'Est Algérien, en particulier :

- **Hammam Salihine de Khenchela** ou **Amamrhas** qui est sans doute le monument de ce type le mieux conservé en Algérie.
- **Hammam Meskhoutine** avec ses restes de piscines entourées de "villas" et d'établissements militaires.
- **Hammam Bradaa (Heliopolis)** et sa piscine.
- **Hammam Beni Guéchat** avec également sa piscine.
- Les piscines et restes d'établissement thermaux ou de galeries de captage de **Sidi El Hadj**, du **Hammam Djendel**, d'**Oued Cheddi**, de **N'Bails Nador**, les **Bains de Youkas**.

C'est en 1823 que furent effectuées les premières études scientifiques sur les thermalismes Algérien et que fut mise en place une réglementation portant sur des données médicales précises, les bains de la Reine à Oran devaient recevoir un agrément le 21 Septembre 1842, celui du Hammam Meskhoutine de Guelma le 12 Décembre 1862 (**DIB, 2008**).

I-5/ Classification des eaux thermale en Algérie

Selon **POPOFF** et **HONEGGER (1990)**, la classification se fait alors en considérant certains paramètres originaux susceptibles d'avoir un rôle ou une action particulière, dont distinguent ces classes suivantes :

a. Eaux carbogazeuses

b. Eaux Sulfurées

c. Eaux Sulfatées

- Sulfatées calciques

- Mixtes (calcique et magnésienne)

d. Eaux Radioactives (Eaux à haute teneur en gaz radon, un gaz radioactif d'origine naturelle).

e. Eaux Carboniques

f. Eaux Ferrugineuses

I-6/ La législation des eaux thermales en Algérie

I-6-1/ Protection des eaux thermales

Au niveau national, d'après l'article du J.O.A N°07, le décret exécutif du 29 janvier 1994 portant définition des eaux thermales et réglementant leur protection et leur exploitation. Au sens des dispositions de l'article 16 de la loi n° 03-01 correspondant au 17 février 2003, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les conditions et les modalités d'octroi de la concession d'utilisation et d'exploitation des eaux thermales.

Il est institué autour des sources thermales déclarées d'intérêt national :

a/ Un périmètre sanitaire de protection : à l'intérieur du quel est interdite ou réglementée toute activité susceptible de porter atteinte à la conservation qualitative des eaux, les épandages d'engrais organiques d'origine humaine, animale ou industrielle, les dépôts d'ordures ménagères ou autres, ainsi que tous les travaux susceptibles d'altérer la qualité des eaux, de diminuer leur débit ou de dévier leur cours sont interdits.

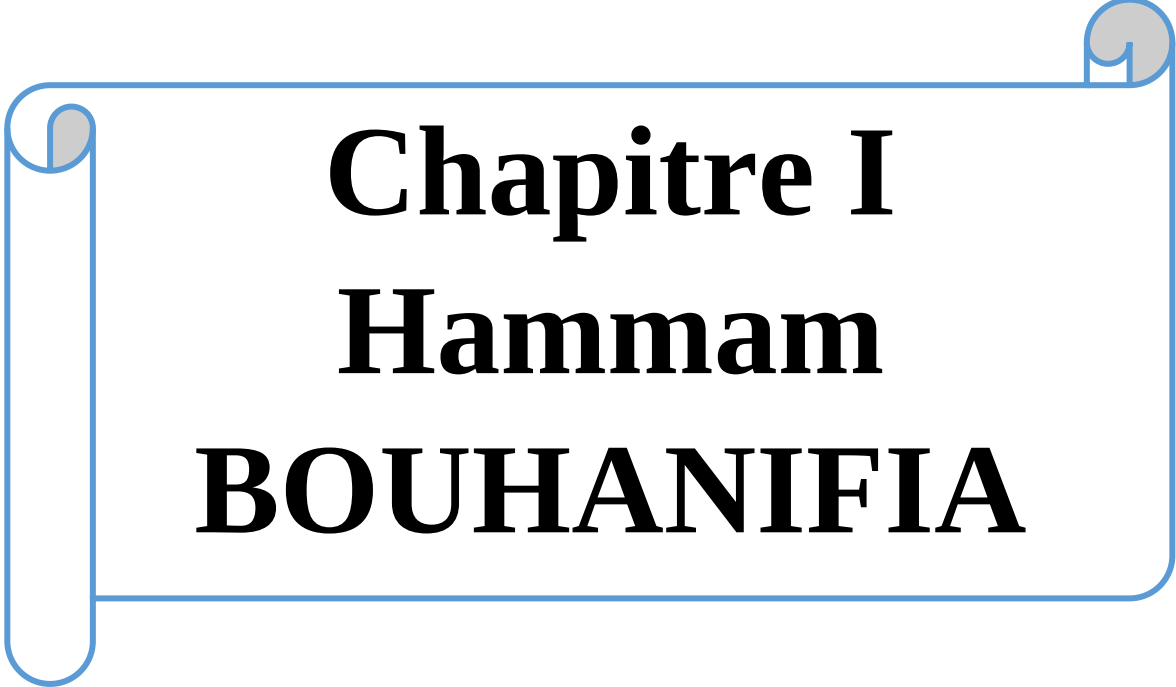
b/ Un périmètre de protection rapprochée : à l'intérieur du quel sont interdites toutes les activités pouvant faire l'objet d'interdiction ou de réglementation.

I-6-2/ Normes de qualité des eaux thermales : La législation algérienne par des positions des articles 2 et 5 du J.O.A N°07, le décret exécutif du 07/02/1994 sont :

Art. 7 : Les eaux thermales font l'objet d'une reconnaissance et sont soumises impérativement à des analyses microbiologiques.

Art. 8 : La reconnaissance des eaux thermales consiste en l'évaluation de l'importance de leurs ressources, l'identification de leurs caractéristiques et la détermination des propriétés thérapeutiques et des soins curatifs correspondants. Elle est certifiée par des laboratoires agréés conformément à la réglementation en vigueur.

Art. 9 : Peuvent demander la reconnaissance des eaux thermales : tout titulaire d'une autorisation de travaux de recherche et de captage d'eau obtenue conformément aux dispositions en vigueur en la matière et désirant exploiter le griffon à des fins thérapeutiques.

A decorative blue scroll frame with rounded corners and a vertical strip on the left side, resembling a rolled-up document. The text is centered within the frame.

Chapitre I

Hammam

BOUHANIFIA

I-1/Présentation de la zone d'étude

I-1/Situation géographique

Hammam Bouhanifia est situé à 25 kilomètres au Sud-Ouest de la wilaya de Mascara, et par 4 moyens d'accès (route nationale N°17, autoroute Est-Ouest direction Sidi Bel-Abbes, aéroport de Tlemcen-Messali Hadj à 160 km et aéroport d'Oran – Sénia à 140 km) à 230 mètres d'altitude est entourée de montagnes culminant à 800 mètres.

Grande station thermale, Bouhanifia est aménagée dans un îlot de verdure et de fraîcheur, le climat est sec et l'atmosphère saturée des émanations gazeuses des sources qui l'entourent. Les eaux thermales jaillissent à des températures entre 20 et 70°C **(BOUGHALALI M, 2003)**.

Hammam Bouhanifia, l'antique "Aquaes Sirenses" romaine est considérée comme l'ancienne capitale thermale de l'Afrique du Nord. Le nombre de sources exploitées est six (06), ses eaux sont de types bicarbonatés calciques, radioactives, chlorurées sodiques. En effet, les eaux thermales de Bouhanifia sont mondialement connues et hautement appréciées, car elles drainent des curistes et des visiteurs en nombre croissant d'année en année **(BOUDIA F, 2009)**.

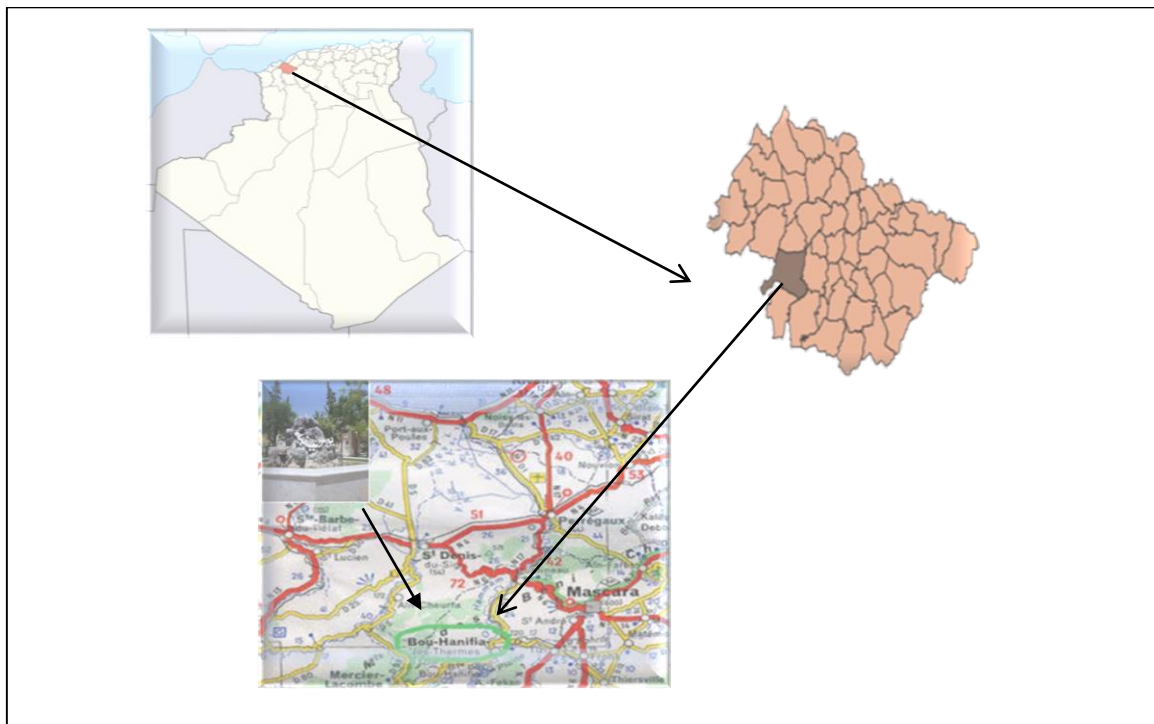


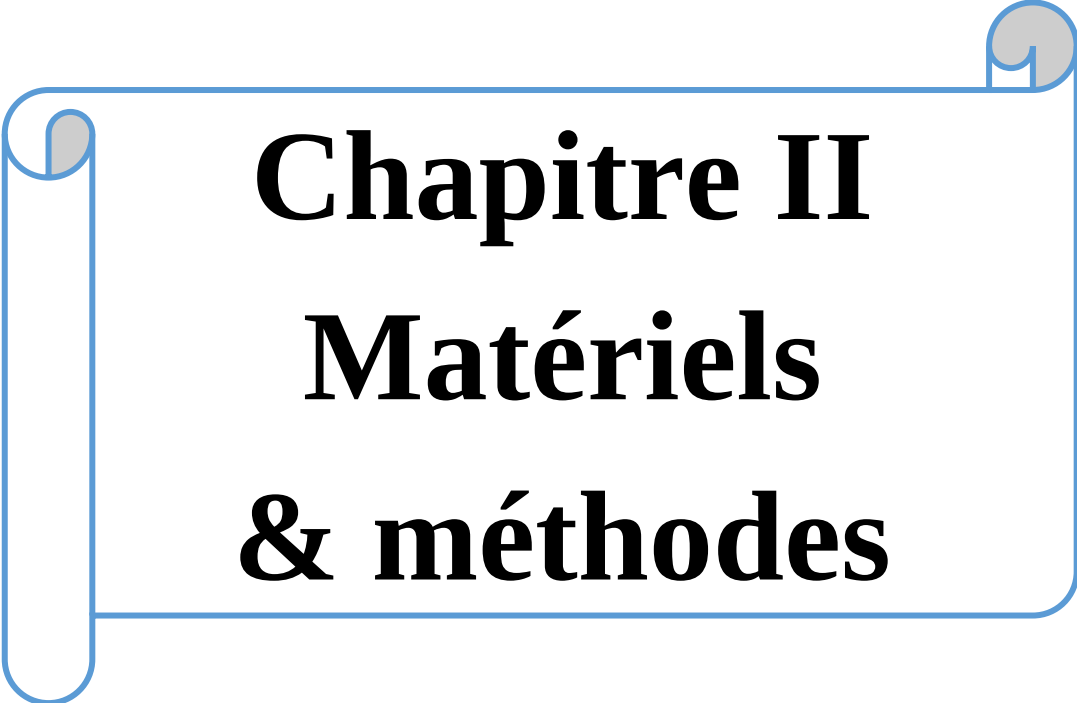
Figure 01 : Carte géographique de la zone d'étude.

I-2/Indications thérapeutiques

D'une manière générale, les eaux de Hammam Bouhanifia, bien que chaudes, sont agréables à déguster. Elles sont particulièrement recommandées pour les cures de boissons qui favorisent le transit intestinal.

Les principales affections qui sont soignées à Bouhanifia relèvent des disciplines médicales suivantes : rhumatologie, gastroentérologie, dermatologie, séquelles de traumatismes articulaires, troubles de la circulation veineuse, certaines affections gynécologiques ... Il convient également de préciser que la pratique de la pélothérapie qui repose sur l'application locale de cataplasmes de boue thermique y est largement usitée. Cette technique de soins permet de procurer des effets antalgiques et décongestionnants grâce aux principes actifs et très riches contenus dans les oligo-éléments (péloïdes).

Notons enfin que les vertus thérapeutiques des eaux thermales de Hammam Bouhanifia ont reçu la plus éminente consécration qui soit : celle de l'Académie de Médecine de Paris qui en a autorisé officiellement l'usage en 1935 en la déclarant station d'utilité publique (**BOUDIA F, 2009**).



Chapitre II

Matériels

& méthodes

II-1/Objectif

L'objectif principal de notre travail se résume en l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux thermales de hammam Bouhanifia.

Où nous avons travaillé selon les axes suivants :

La détermination des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, ainsi que de faire des propositions d'aménagement pour mieux exploiter ces sources.

II-2/ Le protocole expérimentale

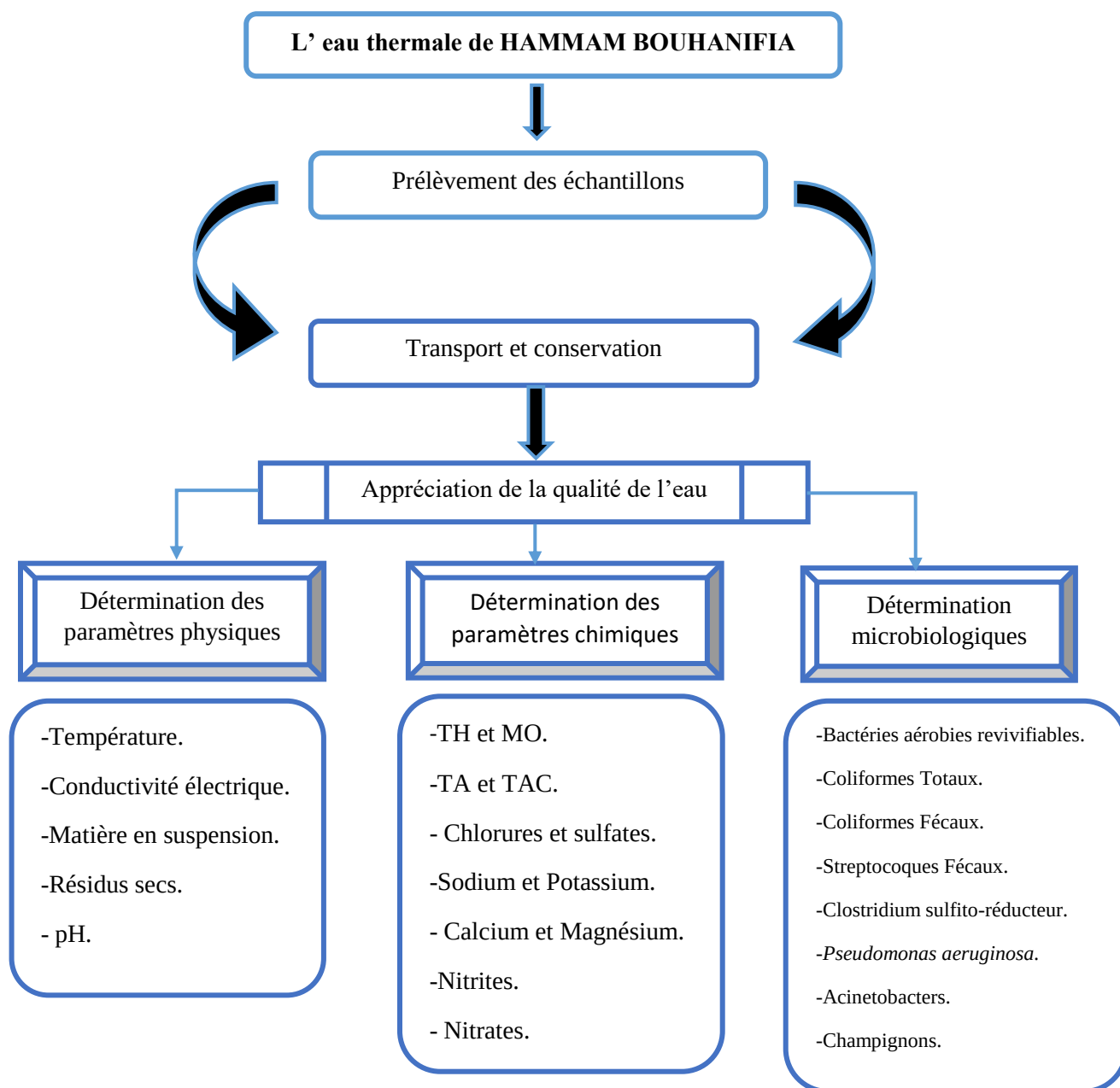


Figure 02 : Diagramme montrant le protocole expérimental.

II-3/Échantillonnage et modes de prélèvement

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre de 250 ml stériles, s'ils font objet d'une analyse microbiologique et pour l'analyse physico-chimique on utilise des flacons en plastique (PET) de 1,5 litre bien nettoyés. La date 10 mars 2018 et l'heure de prélèvement 10h de matin, la température de l'eau, le pH et la conductivité sont relevés sur site. La source coule à travers un grand tuyau qui permet de remplir directement les flacons et les bouteilles. Dans le cas de l'analyse microbiologie, on laisse donc l'eau couler pendant un certain moment au voisinage d'une flamme puis on remplit les flacons.

Notre étude est réalisée sur une période allant de 10 mars jusqu'à 17 mai 2018 au niveau des laboratoires de faculté des Sciences de la Nature et de la Vie – université Ibn Khaldoune – wilaya de Tiaret.

II-4 /Transport et conservation au laboratoire pour les analyses

Ces échantillons doivent être transportés dans une glacière portative à 4°C, Car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne, il est recommandé de placer le prélèvement au réfrigérateur dans laboratoire.

II-5/Méthodes d'analyses

II-5-A/ Détermination des paramètres physico-chimiques

II-5-A-1/ Caractéristiques physique

Tous les éléments chimiques importants dans l'eau ont été dosés à savoir des éléments majeurs : les chlorures, calcium, magnésium, sulfate, carbonate, sodium et potassium. Les autres éléments tel que la matière organique, la matière en suspension ainsi que la conductivité de l'eau ont été également dosés. La température, le pH, ainsi que le résidu sec ont été aussi déterminés.

a-Détermination de la température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit presque la totalité des réactions physico-chimiques et biologiques.

Elle a été déterminée sur les lieux de prélèvement à l'aide d'un thermomètre. On lit directement la température qui est exprimée en degré Celsius (°C) après une immersion de 10 minutes dans l'échantillon (**DERWICH et al., 2010**).

b-Détermination du pH

Ce paramètre mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau, et donc l'acidité ou l'alcalinité de l'eau sur une échelle logarithmique de 0 à 14 (**GOUAIDIA, 2008**). Le pH a une influence sur la plupart des mécanismes chimiques et biologiques dans les eaux. Habituellement, les valeurs du pH inférieure à 5,5 ou supérieure à 9 peuvent avoir une influence sur le milieu récepteur, elles se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (**DERWICH et al ., 2010**).

c-Détermination de la conductivité électrique (CE)

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et la chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée pour calculer la conductivité par centimètre.

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm.

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m). $1\text{ S/m} = 10^4\text{ }\mu\text{S/cm} = 10^3\text{ ms/m}$. (**RODIER et al ., 2005**).

d-Détermination des matières en suspension (MES) à 110°C

La détermination des matières en suspension dans l'eau de source de Hammam BOUHANIFIA s'effectue par filtration ou par centrifugation (**RODIER et al ., 2005**).

Mode opératoire

- ❖ Filtrer 500 ml de l'échantillon sur papier filtre dont on a déterminé ça masse.
- ❖ Laisser sécher le filtre dans une étuve de 110°C pendant 24 heures.
- ❖ Refroidir au dessiccateur et procéder à la pesée du filtre.

La masse de la matière en suspension est obtenue en appliquant la formule ci-après :

$$\text{MES (mg/l)} = (M_1 - M_0) \times 2$$

Tel que : M_0 : la masse du papier filtre avant utilisation (mg).

M_1 : la masse du papier filtre après utilisation (mg).

e-Détermination des résidus secs à 180 °C**Principe**

Il se base sur l'évaporation d'eau et la pesée du résidu sec restant (**RODIER et al ., 2005**).

Mode opératoire

- ❖ Peser 100 ml d'eau à analyser dans une bécher.
- ❖ Ensuite évaporer dans une étuve à une T° de 180 °C pendant 4 h.
- ❖ Laisser refroidir pendant ¼ h au dessiccateur.
- ❖ Mesurer le poids du bécher contenant les résidus secs.

La formule de calcul :

$$RS \text{ (mg/l)} = (P_2 - P_1) \times 1000/100$$

P₁ : poids du bécher vide et sec en (mg).

P₂ : poids du bécher plein après utilisation en (mg).

II-5-A-2/ Les analyses chimiques**a/ Détermination de Chlorures****Principe**

Le chlore présent dans l'échantillon sous forme d'acide hypochloreux et/ou d'ion hypochlorite réagit immédiatement avec le DPD (N, N -diethyl-p- phénylène – diamine) en même temps que le chlore présent dans l'échantillon pour former une coloration rouge proportionnelle à la concentration du chlore.

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

Mode opératoire

- ❖ Dans une fiole conique de 250 ml, on prélève 100 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 3 gouttes de chromate de potassium à 10 %
- ❖ Puis on titre avec le nitrate d'argent (AgNO₃) à 0.02N jusqu'au virage au rouge brique.

Expression des résultats

$$[\text{Cl}^-] = (\text{N}_{\text{AgNO}_3} \times \text{V}_{\text{AgNO}_3}) \times 1000/\text{V}_0 \times 35.45 \text{ (en mg/l)}.$$

N de AgNO_3 : Normalité d' AgNO_3 .

V de AgNO_3 : Volume d' AgNO_3 .

V₀ : Volume de l'échantillon.

b/Dosage de la matière organique**Mode opératoire**

- ❖ Prendre dans un bécher 100 ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 10 ml de KMnO_4 à 0,01N et 10 ml de H_2SO_4 .
- ❖ Chauffer la solution sur plaque chauffante pendant 10 min.
- ❖ Décolorer la solution par ajout de 10 ml de $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_2$ à 0,01N.
- ❖ Titrer par la solution de KMnO_4 à 0,01N, jusqu'à virage de couleur rose claire que persiste 15 à 20 s.

La formule de calcul :

$$\text{MO (mg/l)} = \text{V} \times 0,1 \times 1$$

V = le volume de solution de KMnO_4 que titrer le mélange.

c/Dosage du l'ion de Calcium et l'ion de Magnésium**Principe**

Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA, mais l'utilisation de deux indicateurs permet de doser successivement (Murexide c'est un 'indicateur de calcium et le noir d'ériochrome c'est l'indicateur de magnésium), et sur même échantillon (**RODIER et al ., 2005**).

Mode opératoire

- ❖ Prélever 10ml d'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 0.4ml de solution NaOH et une pincée de murexide ;
- ❖ Titrer par la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au pourpre
- ❖ Noter la quantité d'EDTA versée (V_1).

- ❖ Dans un même erlenmeyer, ajouter 3,2 ml de HCL à 0,1N et faire l'agitation pendant 1min jusqu'à parfaite dissolution du précipité magnésien.
- ❖ ajouter un volume 5 ml de solution tampon avec une goutte de solution de noir d'ériochrome.
- ❖ Faire le titrage par une solution d'EDTA jusqu'au virage au bleu (V_2).

Expression des résultats

$$[Ca^{+2}] = (N_{EDTA} \times V_1) \times 1000/V_0 \times 20 \text{ (en mg/l)}.$$

$$[Mg^{+2}] = (N_{EDTA} \times V_2) \times 1000/V_0 \times 20 \text{ (en mg/l)}.$$

d/ Dosage de Sulfate

Principe

La présence des sulfates dans l'eau est liée à la dissolution du gypse. Pour cela, on utilise la méthode spectrophotométrique pour le dosage des sulfates. La lecture est obtenue à 420 nm. (GOUAIDIA, 2008)

Mode opératoire

- ❖ Prélever 1 ml d'eau à analyser dans un bécher.
- ❖ Ajouter un pincé de $BaCl_2$.
- ❖ Ajouter 9 ml d'eau distillée.
- ❖ Observer la DO à une longueur d'onde ($\lambda = 420\text{nm}$).

On utilise l'équation ci-dessous :

$$[SO_4^{-2}] \text{ méq/l} = \text{la lecture} \times \text{la dilution}$$

$$[SO_4^{-2}] \text{ mg/l} = [SO_4^{-2}] \text{ méq/l} \times M_{SO_4^{-2}} / e$$

$$M_{SO_4^{-2}} = 96 \text{ g/mol}.$$

$$e = 2$$

e/Alcalinité

Principe

La détermination de l'alcalinité est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Note : Le titre alcalimétrique (TA) mesure la teneur de l'eau en alcalins libres et en carbonates alcalins caustiques. Le titre alcalimétrique complet (TAC) correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et bicarbonates (**BERNE et CORDONNIER, 1991**).

1- Détermination du titre alcalimétrique (TA)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl) dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-} (**BERNE F. et CORDONNIER J, 1991**).

Mode Opératoire

Dans un erlenmeyer de 250ml, prélever 10 ml d'eau à analyser, ajouter 2 gouttes de solution phénophtaléine, une couleur rose doit se développer. (Dans le cas contraire le TA est nul).

Expression des résultats

$$\text{TA} = (\text{N}_{\text{HCL}} \times \text{V}_{\text{HCL}}) \times 1000/\text{Vo} \text{ en meqg.}$$

N_{HCL} : Normalité d'HCl

V_{HCL} : Volume d'HCl

Vo : Volume de l'échantillon.

2-Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau (**BERNE et CORDONNIER, 1991**).

Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250ml, prélever 10ml à analyser, ajouter 2 gouttes méthyle orange, titrer ensuite avec solution HCl à (0.02 N) jusqu'au virage du jaune au jaune orangé.

Expression des résultats

$$\text{TAC} = (N_{\text{HCL}} \times V_{\text{HCL}}) \times 1000/V_o \text{ en (meqg)}.$$

N_{HCL} : Normalité d'HCl

V_{HCL} : Volume d'HCl

V_o : Volume de l'échantillon.

f/Dosage de la dureté totale (Titre Hydrométrique TH)

Principe

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'Acide Ethylène Diamintetracétique (EDTA) (**WHO, 1994**).

Mode opératoire

Dans un erlenmeyer de 250 ml, prélever 10 ml d'eau à analyser, chauffer le au bain marie à une température d'environ 60°C, ajouter 0.5 ml de la solution tampon (pH= 10) et 3 gouttes d'indicateur coloré (N.E.T), ensuite, titrer avec l'EDTA jusqu'au virage du rouge au bleu.

Expression des résultats

$$\text{TH} = (N_{\text{EDTA}} \times V_{\text{EDTA}}) \times 1000/V_o \text{ en meqg}$$

TH : C'est le Titre Hydrométrique en meqg (1 meqg = 5 °F).

N_{EDTA} : Normalité d'EDTA.

V_{EDTA} : Volume d'EDTA.

V_o : Volume de l'échantillon.

g/Dosage des Nitrites

Principe

Les Nitrites dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe de couleur rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrites présente. La lecture est obtenue à 507 nm (SARI, 2014 et RODIER et *al.*, 1996).

Mode opératoire

- ❖ Prélever 50 ml d'eau d'échantillon.
- ❖ Ajouter 1 ml acide ascorbique et 2 ml de l'acide sulfanilique et de l'acide chromotrope et après faire la lecture au spectrophotomètre à longueur d'onde de 507 nm.

h/Dosage des Nitrates

Principe

Pour doser le nitrate la méthode au salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosanilate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique (RODIER et *al.*, 2005 et BOUZID et *al.*, 2009).

Mode opératoire

- ❖ Dans un bécher, Ajouter 10 ml de l'échantillon, 2 gouttes de NaOH à 30% ml et 1ml de salicylate de sodium.
- ❖ Evaporer le mélange au bain marie 75-88°C puis laisser refroidir.
- ❖ Reprendre le résidu avec 2ml H₂SO₄ puis faire un repos de 10 min, ajouter 15ml d'eau distillée.
- ❖ Ajouter 15ml de tartrate double concentré puis effectuer la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde est 420 nm.

N. B. les Résultats sont donnés directement en mg/l.

i/Dosage du Sodium et Potassium**Principe**

Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie à flamme.

La concentration initiale du cation à doser est déduire de la valeur absolue de l'intensité de l'émission spectrale mesurée (**RODIER et al., 2005 et BOUZID et al., 2009**).

Mode opératoire

- ❖ Régler l'appareil au zéro avec de l'eau distillée.
- ❖ Mettre l'échantillon dans un spectrophotomètre à flamme à une longueur d'onde de 589 nm pour le Sodium et 766,5 nm pour le Potassium.
- ❖ Lire la teneur en Sodium (Na^+) et la teneur en Potassium (K^+) en mg/l en directement.

II-5-B/Analyses microbiologiques des eaux thermale

L'analyse microbiologique d'une eau thermale est basée sur la recherche des germes aérobies révivifiabiles à 22 et 37 °C, Coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), Streptocoques fécaux, Clostridies sulfite-réductrices, *Pseudomonas aeruginosa*, Acinetobacter et les champignons (RICHARD, 1996 et LECLERC, 1996).

II-5-B-1/Recherche des bactéries aérobies révivifiabiles à 22 et 37 °C dans l'eau

La flore aérobie mésophile totale regroupe l'ensemble des bactéries, les levures et/ou les moisissures, qui forment des colonies dans les conditions définies selon la méthode spécifiée (RODIER et al., 2005).

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser et des dilutions décimales 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , porter aseptiquement 1 ml dans les boîtes de Pétri vides. Faire fondre la gélose (TGEA), lorsqu'elle est refroidie à 45°C, couler la aseptiquement dans les boîtes de Pétri contenant les inoculas. Agiter doucement par un mouvement de huit et circulaire pour assurer un mélange homogène sans faire des bulles d'air. Laisser solidifier les boîtes sur la paillasse puis les incuber à 37 °C pendant 48 heures et l'autre à 22 °C pendant 72 heures.

Expression de résultats

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml.

II-5-B-2 / Recherche des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux dans l'eau en milieu liquide (BCPL)

Définition

– Coliformes totaux

Ce sont des germes qui se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Se présentent sous forme de Bacilles Gram négatifs (BGN), non sporogones, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs. Les coliformes les plus communs sont : *Escherichia*, *Entérobactérie*, *Citrobactérie*, *Serratia*, et *Klebsiella*, avec *Escherichia coli* étant les plus abondants dans l'intestin des humains et d'autres animaux à sang chaud. Elles sont identifiables par leur capacité de fermenter le lactose avec la production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C (CHIGBU et SOBOLEV, 2007).

– Coliformes fécaux

Coliformes thermo tolérantes correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés après incubation à la température de 44 °C (**EDBERG et al., 2000**). Font partie des coliformes totaux et sont représentés principalement par : *Escherichia coli*, *Entérobactérie* et *Klebsiella*. Ils habitent les intestins des animaux à sang chaud puisqu'ils peuvent cultiver et fermenter le lactose à une température relativement élevée (45°C) d'où elles également appelé "Coliformes thermo tolérantes" (**LECLERC, 1996**). Le nombre élevé des coliformes fécaux dans l'eau est considéré comme indice de contamination fécale (**CHIGBU et SOBOLEV, 2007**).

Mode opératoire

1^{ère} étape : Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.

On ensemence

- ❖ 3 tubes de 10 ml de BCPL à double concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser.
- ❖ 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser.
- ❖ 3 tubes de 10 ml de BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0,1 ml d'eau à analyser.
- ❖ Agiter pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures.
- ❖ Après incubation, les tubes considérés comme positifs s'ils présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec un virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche.

Expression des résultats des Coliformes totaux

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

2^{ème} étape : Test confirmatif de la présence ou l'absence d'E. Coli.

- ❖ Repiquer chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham.

- ❖ Incuber à 44 °C pendant 24 heures.
- ❖ Considérer comme positifs tous les tubes présentant à la fois.
 - Un trouble avec un dégagement gazeux.
 - Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par E. Coli Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovac.

Expression des résultats des Coliformes fécaux

Le dénombrement d'E. Coli s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy.

II-5-B-3/Recherche des Streptocoques fécaux

Ce sont des cocci Gram positifs groupés en chaînettes, Ils sont des anaérobies facultatifs, possèdent une catalase négatif, sont immobiles et peuvent vivre également plus longtemps dans l'eau que les coliformes fécaux possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D (**RODIER et al., 2005**).

Le mode opératoire

La recherche et dénombrement des streptocoques fécaux est réalisé par deux étapes : test de présomption sur un milieu ROTH et test de confirmation sur milieu de litsky à l'éthyle violet.

1^{ère} étape : Test présomptif

On ensemence :

- ❖ 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (D/C) avec 10 ml d'eau à analyser.
- ❖ 3 tubes de 10 ml bouillon de Rothe (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser.
- ❖ 3 tubes de 10 ml de bouillon de Rothe (S/C) avec 0,1 ml d'eau à analyser.
- ❖ Incuber à 37 °C à 48 heures.

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et sont soumis au test confirmatif.

2^{ème} étape : Test confirmatif

- ❖ Agiter les tubes puis prélever de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Eva Litsky à l'éthyle violet d'acide de sodium.
- ❖ Incuber à 37 °C pendant 24 heures.

L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un Streptocoque fécale, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

Expression des résultats

Les résultats de dénombrement sont exprimés comme ceux d'E. Coli en nombre de germes par 100 ml d'échantillon. En se référant à la table Mac Credy.

II-5-B-4/Clostridium sulfito-réducteurs

Cette méthode est utilisée pour la recherche des microorganismes bacilles à Gram positif anaérobies stricts caractérisées par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduise les sulfites en sulfures. Ces spores peuvent survivre dans l'eau et dans l'environnement pendant plusieurs mois (**RODIER et al., 2008**).

Le mode opératoire

- ❖ Introduire dans 4 tubes à essai 20 ml d'eau à analyser (5 ml dans chaque tube).
- ❖ Placer les tubes au bain marie à 80 °C pendant 10 min ; dans le but de détruire toutes les formes végétatives.
- ❖ Refroidir à 45 °C puis ajouter 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis remplir les 4 tubes par la gélose viande foie.
- ❖ Mélanger doucement, en évitant d'introduire les bulles d'air.
- ❖ Incuber à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 heures, car très souvent les spores des anaérobies sulfito-réducteurs sont envahissantes ce qui rendra la lecture impossible, Sinon on fera une deuxième lecture après 48 heures.
- ❖ Les Clostridium sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium, en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de sodium.

Expression des résultats

- Compte toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre dans chaque tube et rapporter le nombre total des colonies dans les 4 tubes.
- Exprimer les résultats en nombre de germes par 20 ml.

II-5-B-5/ Recherche des *Acinetobacters*

Acinetobacter est un bacille coccoïde (généralement en diplobacille ou diplocoque) à Gram négatif (résistant parfois à la décoloration), parfois capsulé, immobile.

Elle cultive sur les milieux non sélectifs habituels (gélose trypticase soja), à une température de 30-37°C. Leur isolement est possible sur les milieux sélectifs (gélose Calombya). Un pH compris entre 5,5 et 6 favorise leur croissance.

Mode opératoire

- ❖ Prélever 1 ml d'eau à analyser et ensemer dans chaque boîte.
- ❖ Couler la gélose Calombya préalablement fondue et refroidie à 45 °C.
- ❖ Agiter doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène.
- ❖ Incuber les boîtes à 37 °C pendant 48 heures.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml.

II-5-B-6/ Recherche des champignons

Mode opératoire

- ❖ Prélever 1 ml d'eau à analyser et ensemer dans les boîtes de Pétri.
- ❖ Couler la gélose Sabouraud préalablement fondue et refroidie à 45 °C.
- ❖ Agiter doucement par la méthode circulaire pour assurer un mélange homogène.
- ❖ Injecter quelque goutte de l'antibiotique Gentamicine.
- ❖ Incuber les boîtes entre 20 à 25 °C pendant 7 jours.

II-5-B-7/ Recherche de *Pseudomonas aeruginosa*

C'est une bactérie qui se présente sous forme de bacille à Gram négatif possédant un enzyme oxydase et capable de produire de l'ammoniac à partir de l'acétamide.

Selon (**RODIER et al., 2005**), *Pseudomonas aeruginosa* est une bactérie hautement pathogène et résistante aux plusieurs antibiotiques.

Mode opératoire

- ❖ Prélever 1 ml d'eau à analyser et ensemercer dans chaque boîte puis couler la gélose (Cétrimide) préalablement fondue, agiter doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène et laisser solidifier pendant quelque minute.
- ❖ Incuber les boîtes à 37 °C pendant 24 heures.

Expression des résultats

Le nombre de colonies *Pseudomonas aeruginosa*, se présent dans le volume d'eau à analyser (100ml).

Chapitre III
Résultats
& discussions

III-1/ Présentation des résultats**III-1-1/ Résultats des analyses physico-chimiques**

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau thermale de source de Hammam Bouhanifia.

Tableau N° 01 : Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.

Les paramètres physico-chimiques																	
Paramètres physiques						Paramètres chimiques											
Période de prélèvement	T °C	pH	CE µs/cm	RS mg/l	MES mg/l	MO mg/l	TAC °F	TA °F	TH °F	Ca ⁺² mg/l	Mg ⁺² mg/l	Cl ⁻ mg/l	Na ⁺ mg/l	K ⁺ mg/l	SO ₄ ⁻² mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l
10/05/2018	42	6,5	1177	1400	190	2.8	42	0	30	200	95	390	331	46	150	0,02	0,03

III-1-2 / Les analyses microbiologiques de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia

Les contrôles de la qualité des eaux portent d'abord sur la recherche des microorganismes, surtout les bactéries et les virus, susceptibles d'affecter la santé de l'homme, ses ressources, ses animaux ou ses cultures.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses microbiologiques de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.

Tableau N°02 : Résultats des analyses microbiologiques de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia

Les germes	Résultats			
	Les dilutions			
	SM	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Bactéries aérobies revivifiables à 37 °C	>300	280	193	91
Bactéries aérobies revivifiables à 22 °C	>300	>300	270	222
Coliformes Totaux	00	00	00	00
Coliformes Fécaux	00	00	00	00
Streptocoques Fécaux	00	00	00	00
Clostridium Sulfito-réducteur	00	00	00	00
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	00	00	00	00
Acinetobacter	>300	227	165	89

A/-Les germes revivifiables à 37 °C et 22 °C

Les germes revivifiables à 37 °C et 22 °C sont des germes non pathogènes capables de se développer dans des conditions normales de culture.

Les germes revivifiables à 37 °C en 24 heures sont présentées dans la source de l'eau thermale avec une teneur élevé (supérieur à 300 germes /ml) pour la solution mère et la première dilution, et pour les dilutions 10^{-2} , 10^{-3} , nous avons obtenu des valeurs de 193germes /ml, 91germes /ml, respectivement.

Concernant les bactéries revivifiables à 22° C en 72 heures sont présentées une teneur supérieur à 300germes /ml pour la solution mère, la première dilution et pour les dilutions 10^{-2} , 10^{-3} nous avons obtenu des valeurs de 270 germes/ml, 222 germes/ml, respectivement.

Ces valeurs représentent la variation des teneurs moyennes en germes dans notre échantillon qu'est plus significative que la valeur elle-même puisqu'elle indique la présence possible d'une contamination bactériologique et en permettant l'appréciation des conditions sanitaires de la distribution (stagnation de l'eau, entretien déficient, présence de nutriments...)

B/-Les Acinetobacters

Les germes acénitobacters sont présents dans la solution mère avec une valeur qui dépasse 300 germes/ml.

C/-Les germes pathogènes

L'échantillon étudié est exempt des germes pathogènes, quelle que soit les Coliformes Totaux, Coliformes Fécaux, Streptocoques Fécaux, Clostridium Sulfito-réducteur et Pseudomonas aeruginosa, ce qui indique la purté de cette eau.

D/-Les champignons

Aucune apparition des champignons dans l'eau à analyser.

III-2/ Discussion des résultats d'analyses physico-chimiques et microbiologiques

III-2-1/ Résultats des analyses physico-chimiques des eaux thermales

III-2-1-a/ Résultats des analyses physiques

1-Température

Concernant la température de cette source thermique est toujours au-dessus des normes avec une valeur supérieure à 42 °C. alors selon les classifications des eaux thermales nous pouvons déduire que notre eau est misothermales

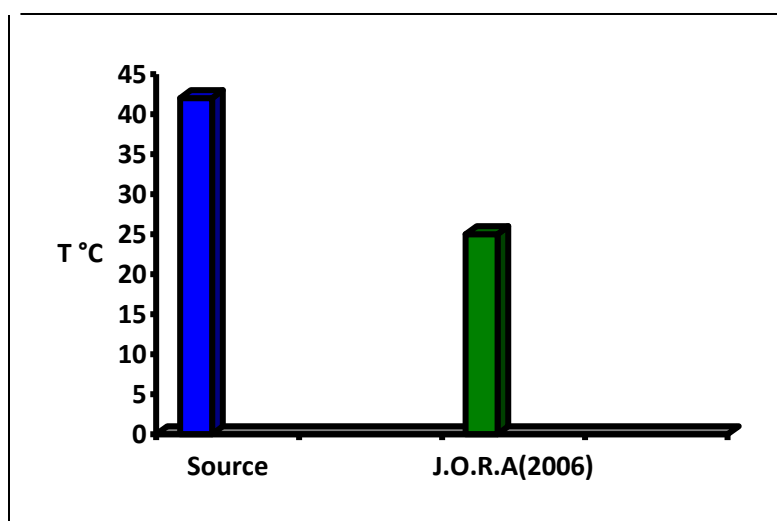


Figure N° 03 : Détermination de la température de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

2-pH :

C'est un paramètre parmi les plus importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau et les terrains traversés par cette dernière.

Selon nos résultats, le pH de l'eau thermique de cette source répond aux normes Algérienne, ces résultats sont conformes à celles de **RODIER et ses collaborateurs (2005)**.

Donc notre eau présente un pH proche de neutre et les directives du CCE précisent que l'eau ne doit pas être agressive et indique comme niveau guide : qui fixe des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5.

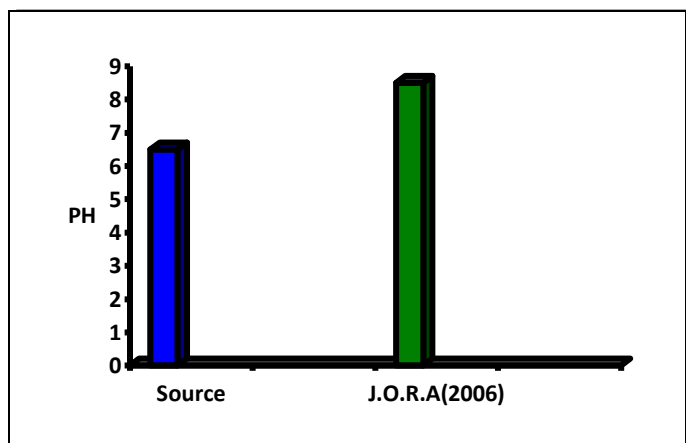


Figure N°04 : Détermination de pH de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

3- Détermination des Résidus secs à 180 °C

Le résidu sec à 180°C indique la quantité totale de sels dissous dans une eau, en permettant le classement des eaux en fonction de leur minéralisation.

La teneur de résidus secs est 1400 mg/l donc nous pouvons dire que notre eau est fortement minérale et conforme aux normes de potabilité fixées par le **JORA (2006)**.

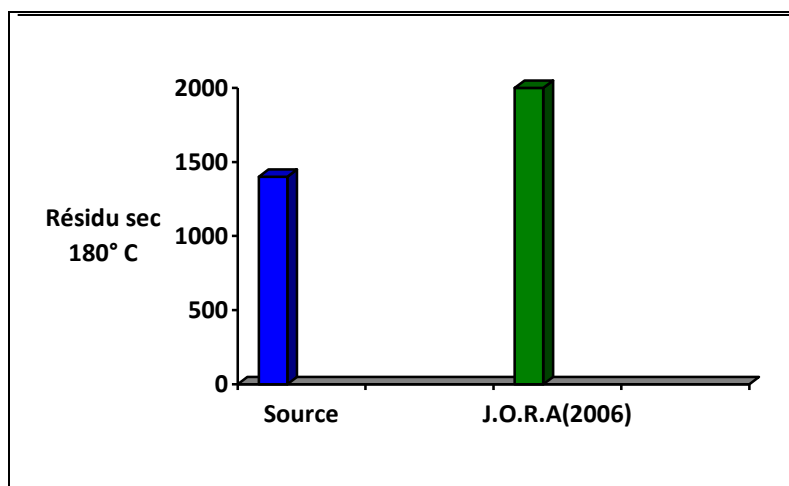


Figure N°05 : Détermination des résidus Sec de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

4 – Détermination de la Matière en Suspension 110°C

Elles représentent les matières qui ne sont ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal, donc retenues par un filtre. Les matières en suspension, qui comportent des matières organiques et minérales, constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution de l'eau

(SATIN M. et al., 1999).

La présence des matières en suspension augmente la turbidité de l'eau et diminue sa transparence (RODIER J. 2005).

Une eau potable ne doit pas contenir de matières, en suspension décantables, Pour une eau qui contient des suspensions à des teneurs de quelques milligrammes par litre, ne pose pas de problèmes majeurs (DEGREMONT G. 2005). Donc la valeur de matière en suspension est 190 mg/l ceci supérieur à la norme 5 mg /l.

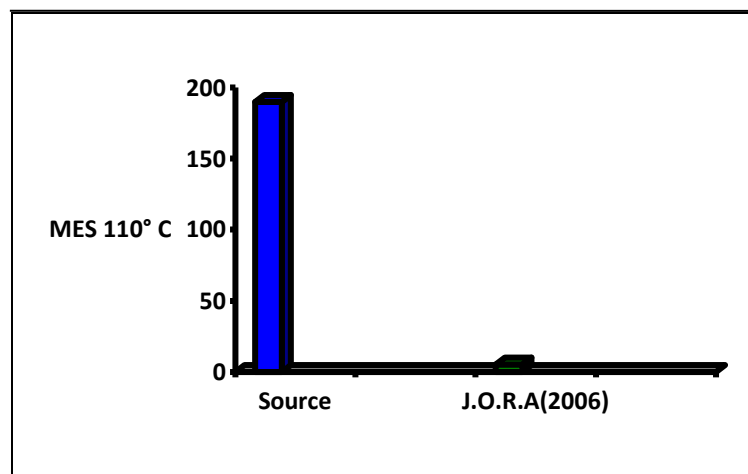


Figure N° 06 : Détermination de la matière en suspension de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.

5-Conductivité électrique

La conductivité des eaux naturelles fournit une information globale sur la quantité des sels dissous qu'elles renferment (FRANK J. et al., 1992).

Selon nos résultats, l'eau étudiée présente des valeurs est 1177 $\mu\text{S}/\text{cm}$, qui restent conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C.

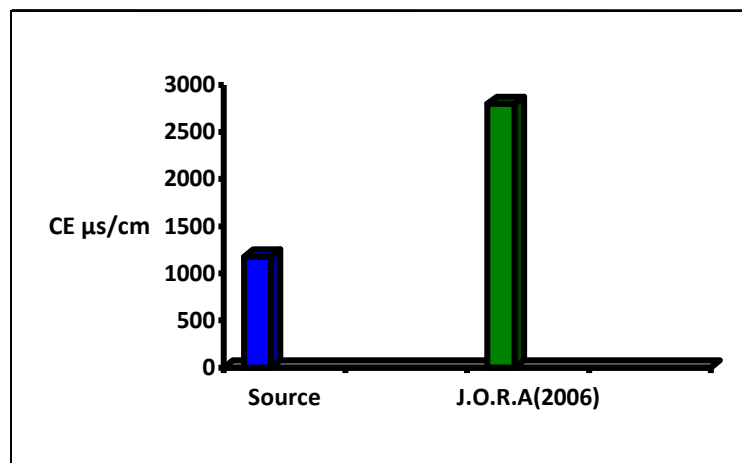


Figure N °07 : Détermination de la conductivité électrique de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

III-2-1-b/Résultats des analyses chimiques

1-Matière organique

Selon nos résultats, nous avons observé que la valeur trouvée pour l'oxydabilité de MO au KMnO_4 est 2.8mg/l. cette valeur reste inférieure aux normes Algérienne (3mg/l). Mais malgré que ça, l'échantillon de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia n'est pas totalement pur.

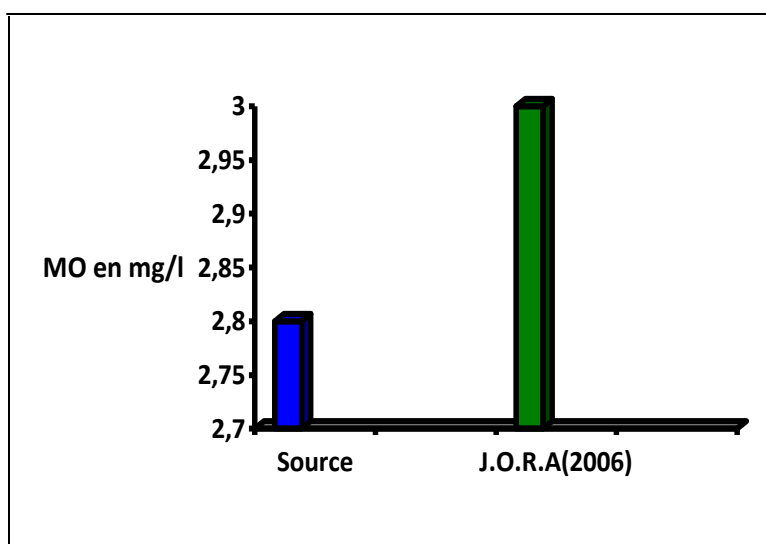


Figure N °08 : Détermination de la matière organique de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

2-Titre Alcalimétrique Complet

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (**BERNE F et CORDONNIER J, 1991**).

La valeur de TAC est 42 °F, ce qui indique une forte présence des bicarbonates dans l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.

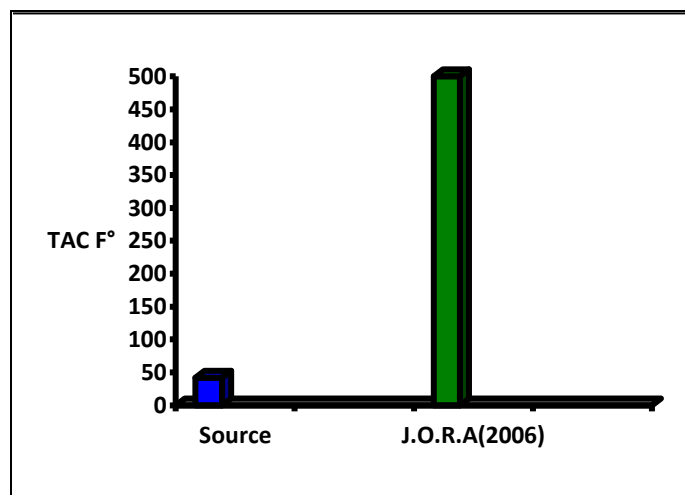


Figure N° 09 : Détermination de TAC de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.

3-Titre Alcalimétrique

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH⁻ » et une valence de carbonates.

Le TA est nul pour l'échantillon ce qui traduit que la dureté est bicarbonatée.

4-Titre Hydrométrique

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (**RODIER, 2009**).

La dureté totale de l'eau de la source est 30 °F. Selon les normes Algériennes, le titre hydrométrique est entre 10-35°F. Elle répond aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.

Les eaux de bonne qualité ont un degré hydrotimétrique inférieur à 15 °F, elles sont acceptables jusqu'à 50 °F, mais si elles dépassent 60 °F leur utilisation causera des problèmes soit à la consommation, soit à certains usages domestique.

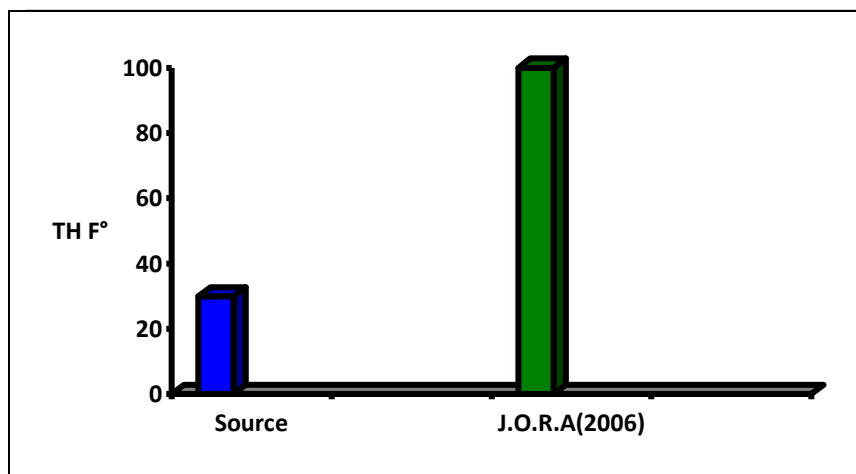


Figure N° 10 : Détermination de la dureté totale de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

5-Calcium

Le Calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale. Pour l'eau thermique étudiée la valeur de calcium trouvée est 200 mg/l.

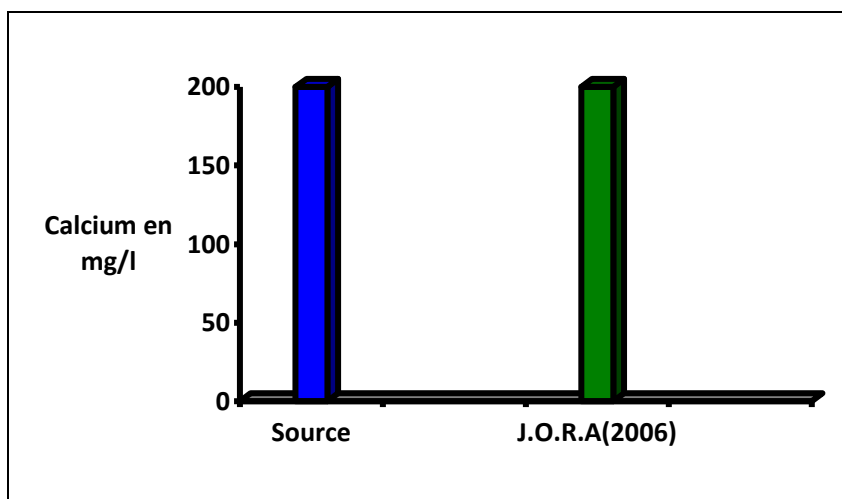


Figure N °11 : Résultats de la teneur en calcium de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

6-Magnésium

L'ion Magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrés (**RODIER, 2005**).

Notre eau présente des teneurs importantes de magnésium, la valeur déterminée pour l'eau étudiée est 95 mg/L. Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays qui exige une concentration de 150 mg/L au maximum.

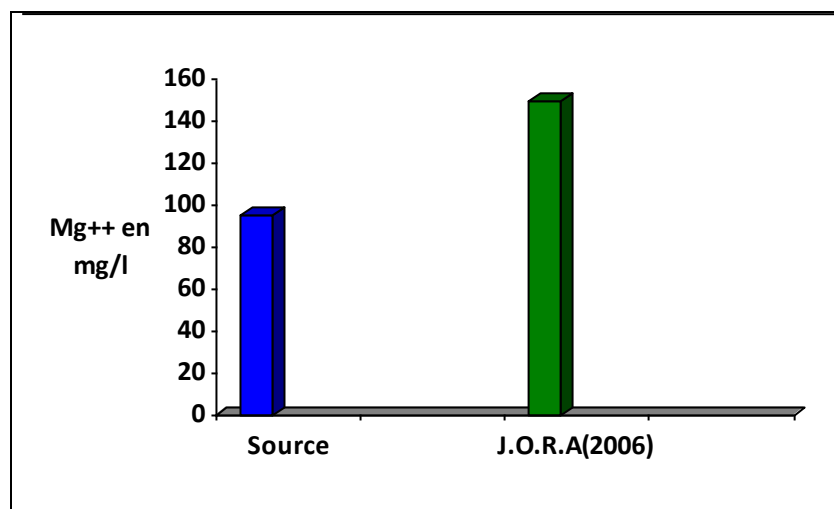


Figure N° 12 : Résultats de la teneur en magnésium de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia

7-Chlorure

Les teneurs en Chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

La teneur de notre échantillon est 390 mg/l. Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Les Chlorures en concentrations plus modestes peuvent avoir une origine magmatique. Ils sont présents dans les eaux minérales des régions à volcanisme récent mais aussi dans les eaux très profondes du socle cristallin.

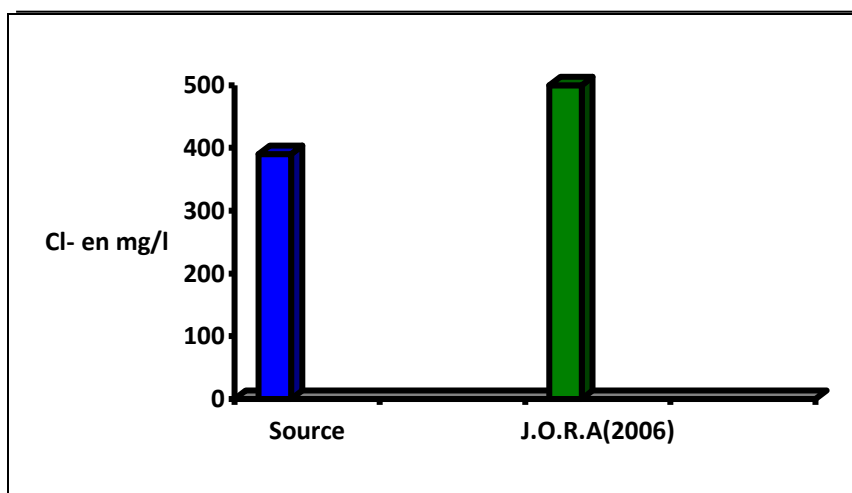


Figure N° 13 : Résultats de la teneur en chlorure de l'eau thermale de Hammam Bouhanifa.

8-Sodium

La teneur en Sodium pour l'eau thermale de Hammam Bouhanifia est 331 mg/l, ce qui explique une teneur élevée de cet élément qui dépasse les normes, et peut donner un goût désagréable à l'eau.

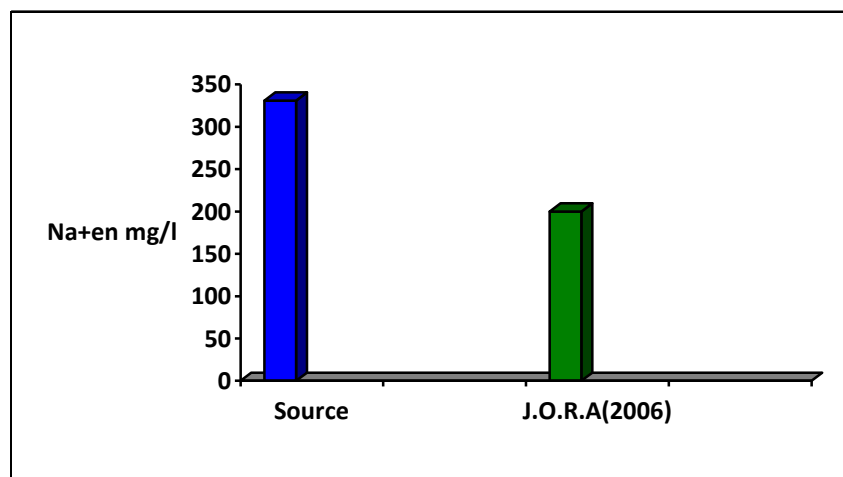


Figure N°14 : Résultats de la teneur de sodium de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia

9-Potassium

La teneur en Potassium pour l'eau thermale de Hammam Bouhanifia est 46 mg/l, ce qui explique une teneur élevée de cet élément qui dépasse les normes de potabilité fixées par JORA (2006).

Le Potassium K^+ est beaucoup moins abondant que le Sodium Na^+ , est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l où on le considère comme négligeable par rapport au Sodium.

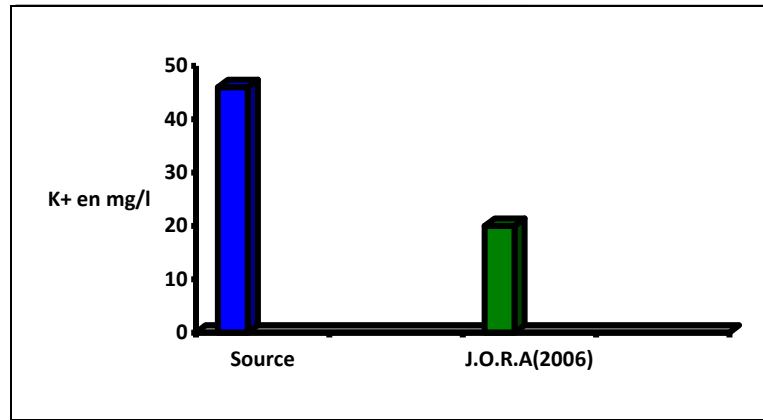


Figure N° 15 : Résultats de la teneur de potassium de l'eau de Hammam Bouhanifia.

10-Sulfate

La valeur des Sulfates trouvée au niveau de la source étudiée est 150 mg/l, elle reste inférieure à la concentration maximale admissible décrétée par **JORA (2006)** (400 mg/l).

L'eau contient toujours des sulfates en proportion très variables. Les Sulfates présent dans les eaux sont le résultat d'une réaction biochimique des sulfates dissous.

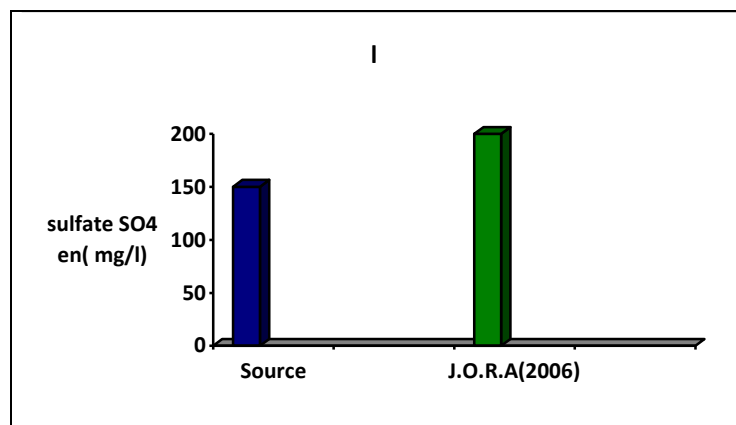


Figure N° 16 : La teneur de sulfate de l'eau thermique de Hammam Bouhanifia.

11-Nitrite

Les Nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates.

Les normes algériennes indiquent une valeur maximale de 0.1 mg/L, la valeur enregistrée de nitrite pour l'eau étudiée est 0,02 mg/L ce qui répond aux **JORA (2006)**.

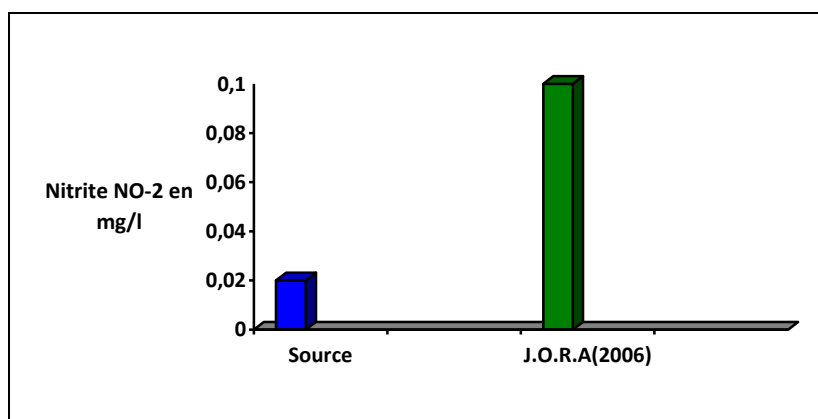


Figure N° 17 : Résultats de la teneur en nitrites de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.

12-Nitrate

La concentration en Nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines.

Pour l'eau étudiée est 0,03mg/l donc elle est conforme aux **JORA (2006)**.

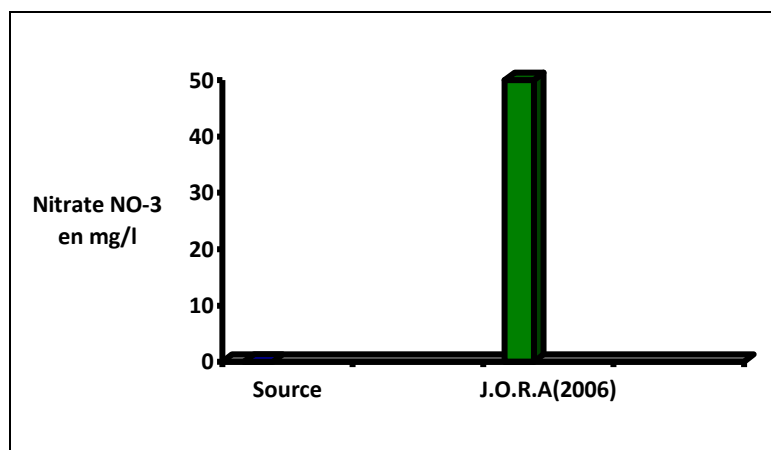


Figure N° 18 : Résultats de la teneur en nitrates de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia.

III-2-2/ Résultats des analyses microbiologiques**A/ Les germes totaux**

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne.

Les analyses microbiologiques révèlent la présence des germes dans l'eau thermale étudiée. Il y a une formation des colonies sur le milieu TGEA après une incubation à 37°C et 22°C pendant 72 h et 24 h respectivement. Donc la teneur de ces germes ne répond pas aux normes Algériennes.

B/ Les Coliformes totaux et fécaux

Les Coliformes totaux parmi eux E .coli, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution.

La réglementation de notre pays exclue impérativement l'absence des coliformes fécaux et des coliformes totaux dans 100 ml d'eau.

En ce qui concerne l'eau thermale en objet, on constate l'absence des coliformes totaux témoignée par l'inexistence des tubes positifs confirmant l'absence des coliformes fécaux, en particulier. Milieu BCPL reste inchangeable après une incubation à 37°C pendant 24 h, donc l'absence des coliformes totaux, d'où l'absence des coliformes fécaux.

Ceci montre que l'eau thermale de la source est conforme aux normes concernant les coliformes fécaux.

C/ Streptocoques fécaux

Après une incubation à 37°C pendant 24 h, aucun trouble microbien n'a été observé dans le milieu Rothe, on n'observe aucun trouble après l'incubation, (absence des Streptocoques fécaux).

D/ Clostridies Sulfito-Réducteurs

Sur l'ensemble des tubes examinés, on note l'absence de la formation des colonies noires dans le milieu Viande-Foie, donc l'absence des clostridies sulfito-réducteurs dans l'eau thermale étudiée.

E/ *Pseudomonas aeruginosa*

Après l'incubation, la boîte de pétri, ne présente pas les colonies, sera considérée comme négative donc l'absence de *Pseudomonas aeruginosa*.

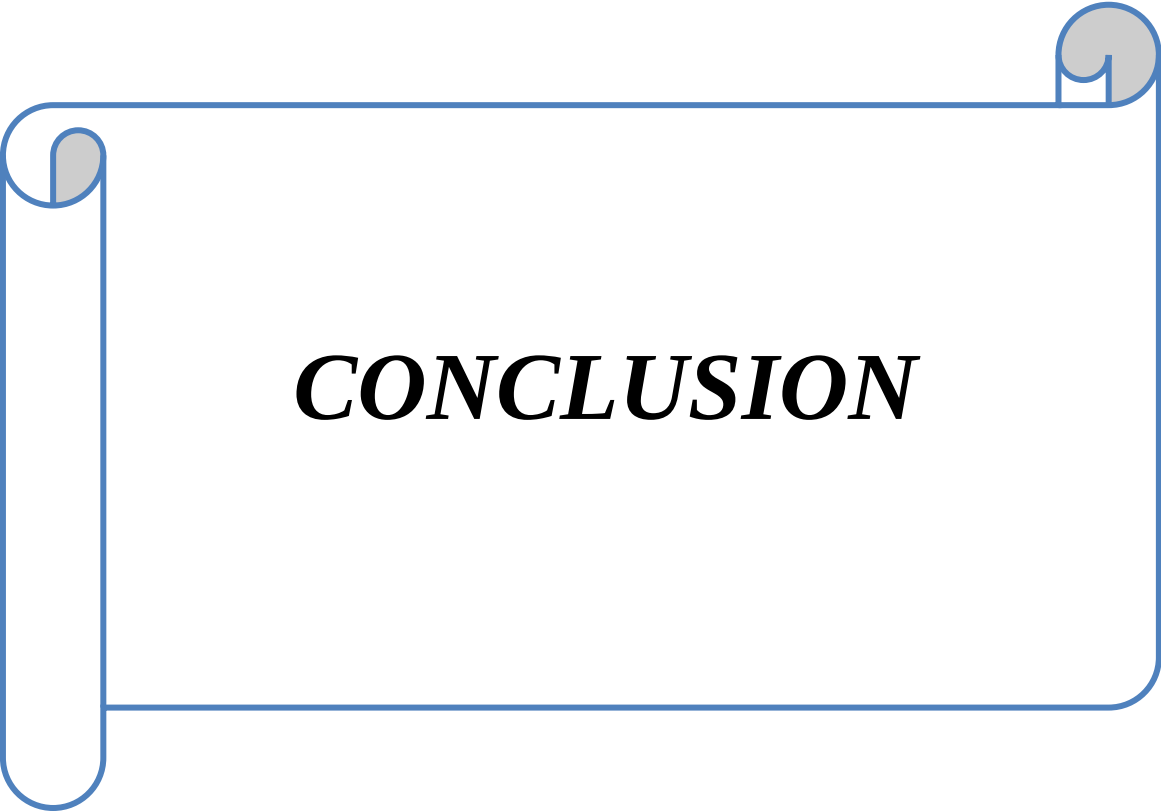
F/ Les Acinetobacters

Le dénombrement des Acinetobacters est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne.

Les analyses microbiologiques révèlent la présence des germes dans l'eau thermale étudiée. Il y a une formation des colonies sur le milieu Calomvia après une incubation à 37°C. Donc la teneur de ces germes ne répond pas aux normes Algériennes.

G/ Les champignons

L'absence des champignons due à la pureté naturelle des eaux thermales de Hammam Bouhanifia.



CONCLUSION

Conclusion générale

Les eaux thermales ont une large distribution mondiale et une vaste utilisation à des fins thérapeutiques. Leurs utilisations varient selon les habitudes des populations.

Certaines eaux de sources thermales sont commercialisées ou bien utilisées comme bains thérapeutiques pour guérir certaines maladies.

L'étude menée au cours de ce modeste travail a pour but étudier la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de la source de Hammam Bouhanifia située à la ville de Mascara.

L'eau de cette source est classée comme une eau bicarbonatée chlorurée avec une prédominance du magnésium et chlorure.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus ont révélé :

- ✓ Une teneur en chlorure élevée (390 mg/l) qui répond aux normes Algériennes.
- ✓ Une teneur en Résidu sec très élevée (1400mg/l) qui dépassant la norme.

Et cette dernière est protégée par des périmètres de protection selon la réglementation algérienne en vigueur.

Du point de vue microbiologique, les résultats obtenus montrent l'absence de tous germes indicateurs de pollution telle que les Coliformes totaux et fécaux, les Streptocoques fécaux, les Clostridium sulfito-réducteurs, et les champignons, avec une teneur élevé des germes totaux qui dépasser les normes algériennes.

Les résultats obtenus prouvent la bonne qualité microbiologique de l'eau de la source susvisée. Elle ne présente aucun danger pour les utilisateurs sur le plan microbiologique.

Par ailleurs, il est vivement recommandé une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité de l'eau de cette source et de se prémunir contre toutes formes de pollution.

Références bibliographiques

A

ATHAMENA M., (2006) : Etude des ressources thermales de l'ensemble allochtone sud Sétifien. P 64.

ALGERIENNE DES EAUX. (2003) : Manuel d'analyses physico-chimiques et bactériologiques. Alger. P 44.

B

BEKKOUCHE M., (2016) : Caractéristiques hydro chimiques des sources thermales de l'extrême Nord-est Algérien, P05.

BERNE F. et CORDONNIER J., (1991) : Traitement des eaux. Edition : Tec. P 6-14.

BOUGHALALI M., (2003) : "Thermalisme et thalassothérapie en Algérie", communication, Revue la Presse thermique et climatique. Société française d'hydrologie et de climatologie médicale. P 17.

BENCHEIKH W., (2012) : Etude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux thermale de Hammam El-Charef, Hammam Zelfana et l'eau minérale de Zamzam ainsi que leur activité antibactérienne et anti oxalo-calcique. Mémoire magister. Université Ziane Achour de Djelfa. P 31-46.

BOUZID M., BENADDASSI A. et ZAOUI M., (2009) : Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux minérales et des eaux thermales. Mémoire d'Ingénieur d'Etat en Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire. Université Ibn Khaldoun de Tiaret. P 47-65.

C

CHIGBU P. et SOBOLEV D., (2007) : Bacteriological Analysis of Water; Handbook of water analysis, 2nd Edition, P769.

D

DERWICH E. et al., (2010) : Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès. Journal Larhyss, n°8, P 101-112.

DIB, (2008) : Guide pratique des sources thermales de l'Est Algérien Publication du service Géologique national.

E

EDBERG R., RACZYNSKI M., PROST J. C. et ELMUR T., (2000) : Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers. OIeau, France. P 05.

F

FEKRAOUI A., (2007) : Revu Energies renouvelable 07 P 75-78.

G

GOUAIDIA L., (2008) : Influence de la lithologie et des conditions climatiques sur la variation des paramètres physico-chimiques des eaux d'une nappe en zone semi-aride, Cas de la nappe de Meskiana nord-est Algérien. Th: Sc.: Annaba. P 130.

H

HAKAM O. K. et al, (2000): Revue .SCI .Eau 13, P 185-192.

I

ISSAADI, (1992) : Le thermalisme dans son cadre géo-structural, apports à la connaissance de la structure profonde de l'Algérie et de ses ressources géothermales. Thèse de doctorat d'état IST .USTHB. Alger. P 274.

J

J.O.R.A (1998) : Journal officiel de la République Algérienne N°35. P 02.

J.O.R.A (2006) : Journal officiel de la République Algérienne N°27. P 09-10.

L

LECLERC H., (1996) : Eaux de consommation, Microbiologie alimentaire, aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Paris: T 1, Tec et doc Lavoisier.

M

MELGHIT M., (2016) : Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau/sédiments de l'oued Rhumel et des Barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. P 32.

O

OUALI S., (2008) : Les sources thermales en Algérie. P 16.

P

POPOFF G. et HONEGGER J., (1990) : Les eaux minérales et les matériaux en contactent Hydrogéologie. P 233-240.

R

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., (2005) : Analyse de l'eau, eaux naturelle, eaux résiduaires et eau de mer ; chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie. DUNOD 8^{ème} Edition. Paris. P 1383.

RODIER J., (2008) : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Vol 2. DUNOD 9^{ème} Edition. Paris. P 23.

S

SARI H., (2014) : Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source <<Attar>>(Tlemcen). Mémoire magister. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen. P 34-44.

W

WHO (World Health Organisation), 1994. Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2^{ème} Edition. Vol 2.Genève.

SITE WEB

Site Internet : fr.wikipedia.org.

Site Internet : vitaminedz.com.

Site Internet : onet.dz.

Site Internet : fr.db-city.com.

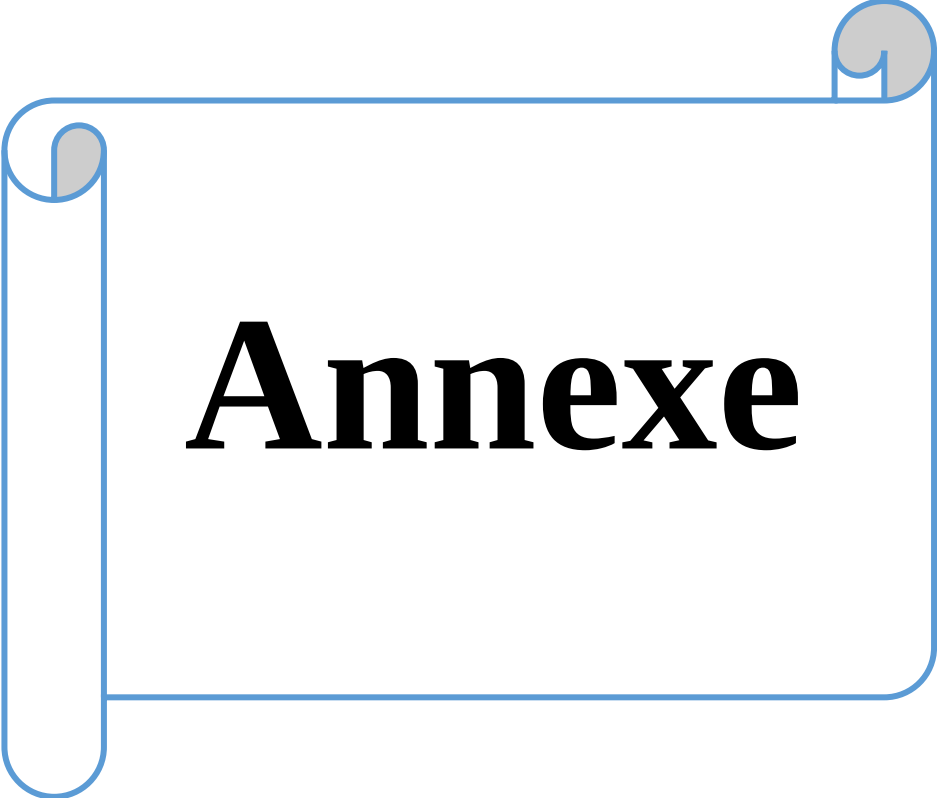
Site Internet : choob.yoo7.com.

Site Internet : bledco.com.

Site Internet : rachidia55555.jeun.fr.

Site Internet : mapio.net.

Site Internet : <http://www.bacterio.cict.fr/bacdico/ss/stenotrophomonas.html>.



Annexe

ANNEXE 01: Quelques figures de la zone d'étude (Hamмам Bouhanifia).



Figure N°01 : Station thermale.



Figure N°02 : Bienvenue à Bouhanifia.



Figure N°03 : Les bains de Hammam bouhanifia.



Figure N°04 : Le parc de Hammam Bouhanifia.



Figure N°05 : Station thermale pour Hammam Bouhanifia.

ANNEXE 02 : Résultats des analyses microbiologique de l'eau thermale de Hammam Bouhanifia

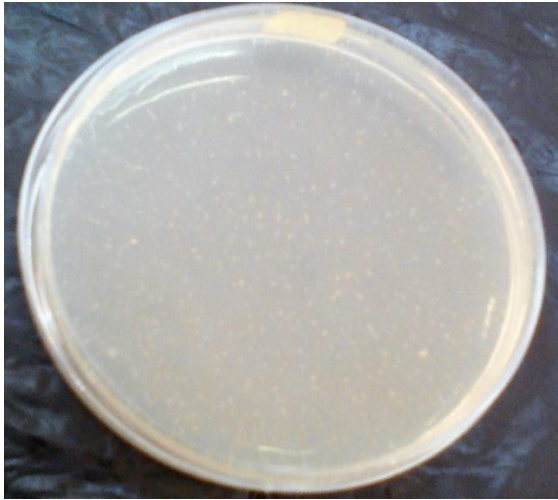


Figure N°06 : Résultat de recherche des bactéries bactéries aérobies révivifiables à 37 °C.



Figure N°07 : Résultat de recherche des bactéries aérobies révivifiables à 22 °C.



Figure N°08 : Résultat de recherche des bactéries de Acinetobacter dans l'eau analyser .

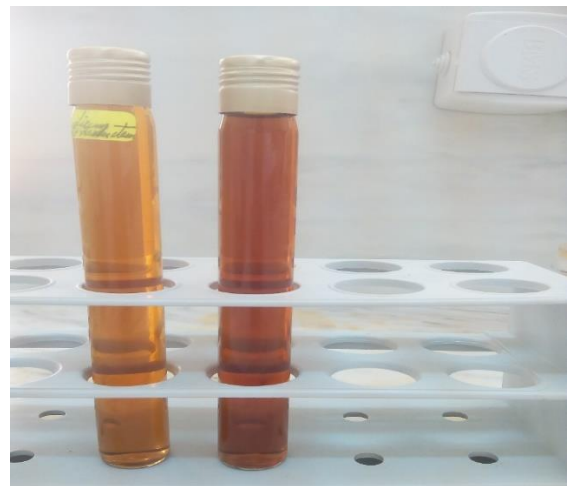


Figure N°09 : Résultat de recherche des Spores Clostridium sulfito-réducteurs.

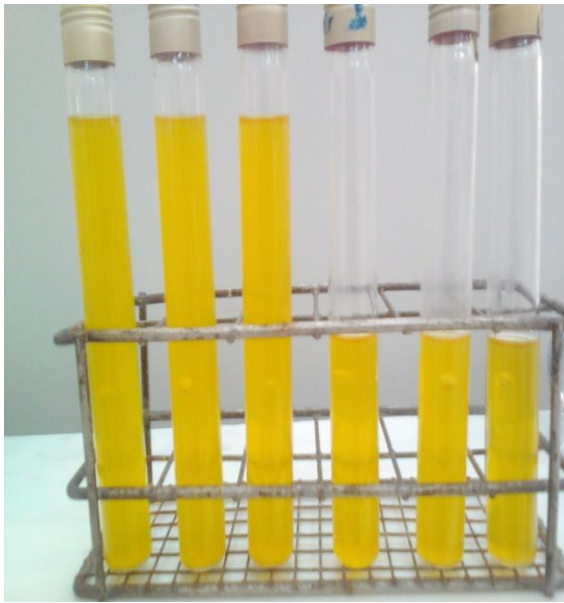


Figure N°10 : Résultat de recherche des Coliformes totaux et des Coliformes fécaux.



Figure N°11 : Résultat de recherche des Streptocoque fécaux.

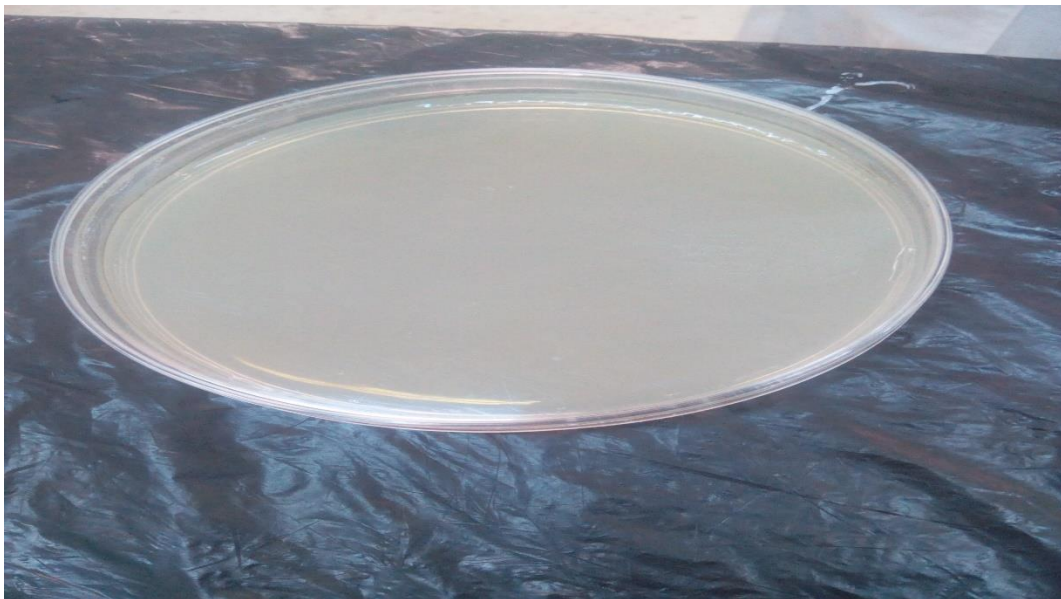


Figure N°12 : Résultat de recherche des champignons dans le milieu Sabouraud.

ANNEXE 03 : Caractéristiques de la qualité des eaux de source

Tableau N°01 : Les normes paramètres physico-chimiques des eaux selon Journal Officiel de la République Algérienne N°27,2006.

Caractéristiques physico-chimiques	Les normes de J.O.R.A(2006)
Température °C	< 25
pH	6,5 < Ph < 8,5
Conductivité électrique (µs/cm)	< 2800
Résidus secs après dessiccation à 180°C	1500 à 2000
Matière en suspension (MES)	5mg/l
Dureté totale (°F)	50
Chlorures (Cl ⁻)	200 à 500 mg/l
Sulfates (SO ₄ ⁻)	200 à 400 mg/l
Calcium (Ca ⁺²)	75 à 200 mg/l
Magnésium (Mg ⁺²)	150 mg/l
Sodium (Na ⁺)	200 mg/l
Potassium (K ⁺)	20 mg/l
Nitrates (NO ₃ ⁻)	50 mg/l
Nitrites (NO ₂ ⁻)	0,1 mg/l
Matière organique (M.O)	3 mg/l
TAC (°F)	500
TA	-

Tableau N°02 : Les normes des paramètres microbiologiques selon le J.O.R.A N°35, 1998.

Paramètres microbiologiques	Normes Algériennes 2011
Germes aérobies à 37°C	20
Germes aérobies à 22°C	<10 ²
Coliformes totaux	<10
Coliformes fécaux	Absence
Streptocoques fécaux	Absence
Clostridium Sulfito- Réducteurs	Absence
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Absence

ANNEXE N°04 : Méthodes d'analyse Spectrophotométrie d'absorption moléculaire

Tous les dosages sont effectués au niveau d'un spectrophotomètre de marque (ODYSSEY / HACH) DR 2500.

Mode opératoire

- Appuyer sur programme HACH : Sélectionner le programme qui correspond à chaque élément mesuré.
- Transférer 10 ml d'eau distillée dans une cuve (blanc).
- Transférer 10 ml de l'échantillon dans une autre cuve (l'échantillon préparé).
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif dans la cuve de l'échantillon préparé.
- Appuyer sur l'icône représentant la minuterie, en suite OK, une période de réaction va commencer.
- Lorsque la minuterie ralentie, essuyer l'extérieur du blanc et introduire dans le compartiment de cuve.
- Appuyer sur zéro, l'indication suivant apparaît sur l'écran 0,00 mg/L.
- Essuyer l'extérieur de la cuve contenant l'échantillon préparé et introduire dans le compartiment de cuve.
- Lire le résultat directement sur l'écran en mg/L. Remarque : la préparation du blanc et de l'échantillon varie d'un dosage à un autre.

Résumé

La présente étude permet d'identifier les sources thermales de la région de Bouhanifia qui est notre objectif essentiel.

A cet égard, nous avons effectué une caractérisation physique, chimique et microbiologique de ces eaux pour mieux comprendre leurs propriétés et bien comprendre les vertus thérapeutiques de ces sources thermales. Les conditions des émergences nous montrent que les eaux thermales de cette source sont bicarbonatée, chlorurés sodiques.

Les eaux thermales de Hammam bouhanifia présentent des propriétés thérapeutiques surtout pour les maladies Rhumatismales.

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

Mots clés : Eau thermale, Hammam bouhanifia, carte, caractères physico- chimique Microbiologiques, Mascara.

ملخص

هذه الدراسة التي بين أيدينا تعرف بالموارد المائية المعدنية الحارة الموجودة في منطقة بو حنيفية وهو هدفنا الأساسي وفي هذا الإطار فان الدراسة المحلية للمنطقة والعينات من اجل التحاليل الفيز و كيميائية والميكرو بيولوجية هي خطوات مهمة من اجل الفهم الأحسن لخصائص هذه الموارد المعدنية الساخنة.

نتائج التحاليل الكيميائية للينابيع المائية الساخنة للمنطقة بينت ان مياه حمام بوحنيفية ذات طبيعة: كلورورية صودية، بيكربوناتية.

المياه الساخنة لبوحنيفية ذات خصائص علاجية خاصة بالنسبة للروماتيزم، وهذا يجعل استغلال المياه الساخنة عن طريق بناء المركبات المعدنية الحديثة استثمارا مهما لقطاع السياحة والاقتصاد الوطني بصفة عامة.