



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{lle}. LAKHDARI Fatna & M^{lle}. BOUAICHA Kawther

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité: BIOTECHNOLOGIE ALIMENTAIRE

THÈME

Diagnostic de la qualité des eaux de source et thermales

De la Wilaya de Saida-Algérie- Effets thérapeutiques.

Soutenues publiquement le 22/06/2016

DEVANT LE JURY

Président	M. BENMILOD. D	MCB U. Mostaganem.
Encadreur	M ^{me} . AIT CHABANE.O	MCB U. Mostaganem.
Co-encadreur	M. AIT SAADA. D	MAA U. Mostaganem.
Examineur	M. BENAKRICHE.B M	MCA U. Mostaganem.

Thème réalisé au laboratoire d'analyse des eaux de l'ADE de Mostaganem.

Année Universitaire : 2015/2016.

Remerciements

Tout d'abord, tout louange à ALLAH qui nous a éclairé le chemin du savoir et notre grand salut sur le premier éducateur notre prophète Mohamed.

*Nous adressons nos vifs remerciements et nos sincères gratitudees à notre
ENCADREUR^{mme}. AIT CHABANE.O*

*Nous remercions chaleureusement monsieur **M. BENMILOD. D** qui à accepter de présider
les membres de jury.*

*Aussi nos cordiaux remerciements **M. BENAKRICHE.B M** qui ont accepté de porter
leur jugement sur ce travail.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement monsieur le directeur de l'ADE,
MOSTAGANEM qui à autorisé notre accès, ainsi que tout le personnel qui à facilité les
taches tout au long de ce travail surtout **BENDEBIZA.M** et **NORA**.*

*Notre gratitude s'adresse également au chef de département et à tous nos professeurs
pour leur aide logistique et technique.*



DEDICACE

Je remercie tout d'abord, Allah, le tout puissant et clément de m'avoir aidé à réaliser ce travail.

Je dédie ensuite ce fameux travail aux plus exceptionnels qui existent dans le monde,

Mes parents, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études que Allah me les garde.

Je dédie également à tous ceux qui m'aiment et spécialement à mes adorables

Frères et sœurs.

A toute la famille lahlouh sans exception.


A mon encadreur Mr Chadli H, qui méritent tous mon respect et tribut.

A ma collègue dans ce travail, m'ami et ma sœur : Naima khadra.

A ma promotion de 5^{ème} INTAA.

A tous mes amis surtout : Tir .H, Khaled.R, Abed.L Taher.M, hadj.M... .

Enfin, je dédie ce travail à toute personne qui m'a aidé de le réaliser de près ou de loin sans exception.



Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes Très Chers Parents qui m'ont toujours encouragée et soutenue tout au long de mes études, que Dieu me les garde et protège

Mon Cher Frère : Ahmed

Mes Chères Sœurs : Hadjer, fatiha, mariem

Mon binôme : Bouaicha Kawther

Mes Chères Amies : Nawel, Souad, Fatima s, Fatima b, Racha, Zhra, Amani, Somia, Tita, Bisma.

Mon Cher Ami : Benkhamkham Abdelrafi.

A Toutes les Familles qui portent les noms Lakhdari et Bouaicha.

A Tous Mes Amis Chacun par Son Nom

Et Tous ceux qui me Connaissent.

*Et Surtout à ma Promotion de Master 2 **Biotechnologie Alimentaire**.*

2015/2016

Lakhdari Fatna

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

Mes Très Chers Parents qui m'ont toujours encouragée et soutenue tout au long de mes études, que Dieu me les garde et protège

Mes Chers Frères : Ahmed, Haithem, Sofiane, Zwid

Mes Chères Sœurs : Farida, Fatima, Zohra, Sara

Mes Chères

Amies : Asma, Pasmin, Nawel, Souad, Fatima s, Fatima b, Racha, Zohra, Amani, Somia, Tita.

Mon binôme : Lakhdari Fatna

A Toutes les Familles qui portent les noms Bouaicha et Lakhdari.

A Tous Mes Amis Chacun par Son Nom

Et Tous ceux qui me Connaissent.

*Et Surtout à ma Promotion de Master 2 *Biotechnologie Alimentaire*.*

2015/2016

Bouaicha Karther

Etude Bibliographique

Introduction

Partie 1: synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Généralité.....	01
1.1. Situation de l'eau dans le monde	01
1.2. Situation de l'eau en Algérie	01
1.3. Situation de l'eau à Saida	02
2. Définition.....	02
3. Composition de la molécule d'eau	03
4. Différents états de l'eau	03
5. Propriétés physico-chimiques de l'eau	03
5.1. Propriétés physiques de l'eau	03
5.2. Propriétés chimiques de l'eau.....	04
6. Biologie de l'eau	04
6.1. Eau et métabolisme cellulaire.....	04
6.2. L'eau siège de vie microbienne	05
7. L'eau dans la nature.....	05

7.1. Cycle de l'eau	05
7.2. Utilisation de l'eau	06
7.2.1. L'eau de consommation	06
7.2.2. L'eau dans l'agriculture.....	06
7.2.3. L'eau dans l'industrie	06

Chapitre II : Les sources des eaux

1. Types des eaux	07
1.1. Eau de mer	07
1.2. Eau de surface	07
1.3. Eaux souterraines	07
1.3.1. Nappe active (ou nappe libre)	07
1.3.2. Nappe captive	08
1.3.3. Nappe alluviale	08
1.3.4. Nappe phréatique	08
1.3.5. Les sources	08
1.3.6. Les puits	09
2. Eau de source	09
2.1. Définition des eaux de sources	09
3. Eaux thermales	10
3.1. Les eaux carbogazeuses	10
3.2. Les eaux sulfurées	11

4. Etymologie	11
4.1. Définition des eaux thermales	11
5. Législation régissant les eaux thermales	12
6. Formation des eaux thermales	13
7. Classement des eaux thermales	13
8. Localisation géographique des sites des sources.....	14
8.1. Localisation des sources selon les besoins hydrographiques en Algérie	
8.2. Localisation géographique des sites des eaux thermales en Algérie.....	14
8.3. Localisation géographique des sites des eaux de sources en Algérie	14

Chapitre III : vertus thérapeutiques

1. Histoire	17
2. Thermalisme	17
2. 1. Thermalismes en France	17
3. Les stations thermales médicalisées	18
3.1. Hammam Boughrara	18
3.2. Hammam Bouhadjar	19
3.3. Hammam Bouhanifia	19
3.4. Hammam Rabbi	20
3.5. Hammam Righa	20
3.6. Hammam Guergour	20
3.7. Hammam Meskoutine	21

3.8. Hammam Salhine	21
4. Eaux minérales et eaux de sources	22
4.1. Les eaux bicarbonatées	22
4.2. Les eaux sulfatées	22
4.3. Les eaux sulfurées.....	22
4.4. Les eaux chlorurées	22
4.5. Les eaux Oligo-métalliques	22

Chapitre IV : Les paramètres de qualité des eaux

1. Paramètres de qualité et de potabilité de l'eau	23
2. Paramètres organoleptiques	23
2.1 Couleur	23
2.2 Saveur et odeur	23
3. Paramètres physico-chimiques	24
3.1. Température	24
3.2- PH	24
3.3-Conductivité électrique.....	24
3.4-Turbidité	24
3.5-Oxygène dissous	24
3.6-Dureté	24
3.7-Chlorure	25
3.8-Sodium	25
3.9-Calcium	25

3.10-Magnésium.....	25
3.11- Potassium	25
3.12-Fer	25
3.13-Aluminium	26
3.14-Manganèse.....	26
3.15-Zinc	26
3.16-Fleur	26
3.17-Nitrites.....	26
3.18-Nitrates	26
3.19-Sulfates.....	26
3.20-Phosphates.....	27
4-Eléments toxiques.....	27
4.1-Pesticides.....	27
4.2-Hydrocarbures	27
4.3-Arsenic	27
4.4-Argent.....	27
4.5-Mercure	27
4.6-Plomb	27
5- Les rôles des sels minéraux et d'oligo-élément présent dans les eaux minérales et les eaux des sources	29
5.1-Rôles des bicarbonates	29
5.2-Rôles du calcium	29

5.3-Rôles des chlorures	29
5.4-Rôles du fluor	30
5.5-Rôles du magnésium	30
5.6-Rôles du Nitrates	31
5.7-Rôles du potassium	31
5.8-Rôles du sodium.....	32
5.9-Rôles des sulfates	32

Partie 2 : Méthodologie

1. Objectifs de l'étude	33
2. Présentation de la région de l'étude	33
2.1. Situation géographique.....	33
2.2. Géologie	34
2.3. Climat	34
2.4. Stations thermales.....	34
2.4.1. Situation Géographique De Hammam Rabbi.....	34
2.4.2. Situation Géographique De Hammam Sidi Aissa.....	35
2.4.3. Situation Géographique De Hammam Ain Skhouna	35
3. Prélèvement et échantillonnage.....	35
3.1. Échantillonnage	35
3.2. Matériel de prélèvement.....	35
3.3. Mode de prélèvement	36
3.4. Transport.....	36

3.5. Point de prélèvement	36
4. Analyses physico-chimiques	37
4.1. Analyses physiques	37
4.1.1. Mesure de la température	37
4.1.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (PH)	38
4.1.3. Mesure de la conductivité électrique.....	38
4.1.4. Salinité (SAL).....	39
4.1.5. Mesure de turbidité.....	39
4.2. Analyses chimique (Titrimétriques).....	40
4.2.1. Titre alcalimétrique (T.A)	40
4.2.2 Titre alcalimétrique complet (TAC).....	40
4.2.3. Dureté totale (TH)	41
4.2.4 Titre calcique (Tca ⁺²)	42
4.2.5. Calcium (Ca ⁺⁺)	43
4.2.6. Magnésium	43
4.2.7. Détermination des chlorures (CL).....	44
4.3. Analyses spectrométrique.....	45
4.3.1. Dosage de fer	45
4.3.2. Dosage de nitrate	46
4.3.3. Dosage de phosphate	46
4.3.4. Dosage de sulfate.....	47
4.3.5. Dosage de l'ammonium.....	48

5. Traitement statistique	48
---------------------------------	----

Partie 3 : Résultats et discussion

1. Résultats

1.1 Eaux de source	49
--------------------------	----

1.2 Eaux thermales.....	51
-------------------------	----

2. Discussion	53
----------------------------	-----------

Conclusion.

Liste des figures

Figure 01 : Cycle biogéochimique de l'eau	6
Figure 02 : Bassins hydrographiques en Algérie	14
Figure 03 : Hammam Boughrara	18
Figure 04 : Hammam Bouhadjar	19
Figure 05 : Hammam Bouhanifia	19
Figure 06 : Hammam Rabbi.....	20
Figure 07 : Hammam Meskoutine	21
Figure 08 : Hammam Salhine	21
Figure 09 : Situation de la wilaya da Saida.....	33
Figure 10 : PH –mètre.....	37
Figure 11 : Le turbidimètre	40
Figure 12 : Dosage de TAC	41
Figure 13 : Dosage de TH.....	42
Figure 14 : Dosage de Tca^{+2}	42
Figure 15 : Dosage de chlorures (CL)	44

Liste des tableaux

Tableau 01. Composition isotopique moyenne de l'eau .

Tableau 02. Principales constantes physiques de l'eau pure.

Tableau 03. Localisation géographique des sites des eaux thermales en Algérie.

Tableau 04. Localisation géographique des sites des eaux de sources en Algérie.

Tableau 05. Paramètres physico-chimiques.

Tableau 06. Qualité physico-chimique des eaux de source prélevées dans la wilaya de Saida – Algérie.

Tableau 07. Qualité physico-chimique des eaux thermales prélevées dans la wilaya de Saida – Algérie.

Tableau 8. Fiche des résultats des analyses physico-chimique de hammam et commune d'Ain skhouna.

Tableau 9. Fiche des résultats des analyses physico-chimique de hammam et commune Sidi Aissa.

Tableau 10. Fiche des résultats des analyses physico-chimique de hammam et commune hammam Rabi.

Résumé

Cette étude est orientée à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux de source et thermales dans la Wilaya de Saida-Algérie. Trois régions d'études relevant de cette Wilaya ont été incluses dans l'étude dont : Hammam Rabi, Sidi Aissa et Ain Skhouna. Des analyses physico-chimiques ont été effectuées en triples essais sur les échantillons prélevés de chaque zone expérimentale.

La commune de Sidi Aissa dispose d'une eau de source de meilleure qualité minérale et susceptible d'être orientée à une large consommation. Les eaux de source prélevées dans les régions de Hammam Rabi et Sidi Aissa sont de médiocre qualité.

L'eau thermale de hammam rabbi à être caractérisée comme étant une eau thermale minérale au premier degré, vue sa grande richesse en principaux éléments minéraux dont surtout le chlorure et le calcium. Cette eau peut convenir mieux à notre avis aux traitements thérapeutiques de certains maladies (dermiques, rhumatismes,...etc.) que les autres eaux thermales étudiées (de Sidi Aissa et de Ain Skhouna).

Mots clés : analyses, physico-chimique, eaux de sources, station thermale, thérapie.

Introduction

L'eau constitue un élément vital, pour le développement et le maintien de la vie sur notre planète est la source de la vie sa seule absence peut marquer la fin de toute existence vivante sur terre.

L'eau entre pour 60 à 90% en poids dans la constitution des animaux et végétaux. L'homme a besoin de 25 à 50 g d'eau par kilogramme de son poids pour vivre dans les conditions normales, c'est-à-dire 2 à 3 litres par jour.

Généralement on ne peut survivre pendant plus de 2 jours sans eau. On peut perdre 40% de son poids corporel, toute la graisse, la moitié de ses protéines et ne pas nourrir, la perte déjà de 10% d'eau corporelle peut entraîner de graves conséquences surtout chez les nourrissons et les enfants, lorsque la perte de 20% d'eau entraîne, totalement à la mort des individus.

L'Algérie a fait preuve de richesse en eaux sources thermales et minérales depuis longtemps. Ces eaux ont été convoitées depuis des lustres par les différentes expéditions coloniales, les vandales par la suite, les romains, les turcs et enfin de façon très particulière par les militaires, les médecins, les pharmaciens, les laborantins français qui se sont intéressés de près à cette denrée et à son usage thérapeutique.

Les vertus de ces eaux, chaudes ou froides selon le cas, ont été non seulement démontrées théoriquement mais surtout expérimentées sur terrain.

Il faut préserver et assurer la persistance continue de l'eau, non seulement pour fournir à l'homme une quantité suffisante pour ces besoins mais aussi pour lui assurer une irréprochable qualité, pour cela cette doit faire l'objet de nombreux contrôles physique chimique et bactériologiques.

Afin de contrôler la qualité d'une eau il est nécessaire d'effectuer des analyses qui révèlent la présence de gaz, de matières minérales et de matières organiques en suspension ou nombre de ces composants ont une origine naturelle en provenance des roches, du sol et de l'air ou de la vie humaine et animale la région environne. C'est la quantité et la qualité de ces divers constituants qui définissent une eau et précisent ses aptitudes aux divers utilisations.

Dans cette étude menée dans le but de contrôler la qualité de l'eau, des analyses physico-chimiques ont été effectuées de eaux de source et thermales prélevés dans la wilaya de Saida. Le but de les 'analyses est orienté en vue de déterminer les limites de qualité, qui fixe la quantité inférieure à ne pas dépasser afin de ne pas nuire à la sante publique et assurer un confort pour les usagés.

Le manuscrit est sondé en 3 parties :

- Une partie bibliographie qui retrace la qualité physico-chimique des eaux de source et thermales.
- Une partie méthodologique qui relate, les matériel et méthodes utilises dans l'approche pratique expérimentale.
- Et enfin une dernier partie est consacrée à la discussion des résultats en vue de faire le diagnostic de la qualité des eaux de source et thermales prélevées dans la région de l'étude à savoir de Saida.

1. Généralités :

Dans notre planète bleue, l'eau et la vie sont indissociables. L'eau se trouve partout, elle est en effet le constituant majeur de la matière vivante à la surface du globe.

L'eau existe sous de multiples aspects, sous forme de Pluit, de cours d'eau, de vapeur, de nuages... Elle est partout, la plus grande quantité est retenue dans les mers, les océans et dans les nappes souterraines.

En plus de l'eau sous sa forme libre à la surface de la terre et de glace dans les glaciers, l'eau est l'un des composants majeurs de l'atmosphère et des organismes vivants, dont elle constitue de 50 à 90 % du poids.

À l'état liquide, l'eau alimente tous les êtres vivants, à l'état de vapeur, elle maintient dans l'atmosphère une humidité relative. Sous forme de neige, en fondant, elle alimente les nappes souterraines et les cours d'eau, en montagne, la neige est un facteur écologique important pour la protection des sols (**Bouziati, 2006**).

1.1. Situation de l'eau dans le monde :

Au plan mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante, à cela plusieurs raisons : la première d'entre elle est la démographie galopante que notre planète connaît depuis deux siècles (**Clayson, 2001**).

Aujourd'hui, un tiers de l'humanité vit dans situation dite de (stresse hydrique) avec moins de 1700 m³tre cubes d'eau disponible par habitant par an.

Alors que certains pays tels que le Brésil, la Russie, les Etats Unies, le Canada, la Chine, l'Indonésie, l'Inde, la Colombie, et le Pérou ont la chance de posséder 60% des réserves mondiales d'eau douces qui se renouvellent chaque année leur permettant de vivre dans l'opulence, d'autre n'ont pas d'eau en suffisance et connaissent des difficultés d'approvisionnement extrêmement fortes ; ceux des régions arides notamment en banquent de façon âpre et cette situation n'est pas en passe s'améliorer (**Barraque, 2006**).

1.2. Situation de l'eau en Algérie :

La crise de l'eau en Algérie est extrêmement préoccupante. La population s'accroît et s'entasse toujours dans les villes côtières, la régression des ressources en eau par habitant est patente et la vie quotidienne dans les grandes villes est désorganisée (**ANE, 2004**).

L'Algérie dispose de 53 barrages qui offrent une capacité de 5, 80 milliards de mètres cubes et seulement 2,56 milliards de volume régularisé annuellement.

Cet apport est loin d'être négligeable mais reste nettement insuffisant par rapport aux besoins sans cesse croissances, les nappes phréatiques sont exploitées à plus de 90%, lorsque les ressources superficielles ne sont mobilisées qu'à 32%.

Les pertes sont évaluées à 45% dont cela est du essentiellement à la vétusté des nouveaux réseaux et de mauvaise gestion de la distribution (ANE, 2004).

1.3. Situation de l'eau à Saida :

Les ressources superficielles en eau sont très limitées en raison de la faible importance du réseau hydrographique de la ville d'une part et la nécessité d'assurer l'apport vers les barrages situés en val (Mascara et Rélizane) en d'autre part.

L'oued de Saida dépend presque en entier de la pluviométrie qui est torrentielle en hivers et presque sèche en été.

D'autre cours d'eau naissant de faibles sources arrivent à peine de faire des chemins peu importants au profit de l'agriculture.

Ces ressources loin d'assurer la satisfaction des besoins en eau. La ville est alimentée en puisant des réserves souterraines.

Les ressources en eau de la commune de Saida proviennent de deux sources naturelles et cinq forages, le tout aliment dix(10) réservoirs.

2. Définition :

L'eau fait partie de notre environnement naturel tout comme l'air que nous respirons et la terre qui nous porte et nous nourrit, elle constitue un des aliments familiers de notre vie quotidienne (Rio, 1999).

L'un des quatre éléments qu'Aristote définit avec le feu, l'air et la terre pour décrire l'univers, l'eau détermine en grande partie les paysages et les climats de notre globe. Elle est souvent synonyme de vie ou de mort car elle est une composante essentielle de la structure et du métabolisme de tous les êtres vivants (Friedli, 2002).

En plus, l'eau est de toutes les matières la plus importante pour l'existence de l'homme donc elle est indispensable pour la survie et le développement des sociétés modernes (Kettab, 1992).

En conclusion l'eau n'est pas un bien marchand comme les autres mais un patrimoine qu'il faut protéger, défendre et traiter comme tel (Delarras, 2003).

3. Composition de la molécule d'eau :

Bien que formule H_2O soit relativement simple, il existe de très nombreuses combinaisons possibles des éléments hydrogène et oxygène qui comportent chacun plusieurs isotopes.

L'eau pure est donc un mélange de plusieurs molécules, chimiquement identiques, mais ayant des propriétés physiques distinctes. Cependant, l'eau ordinaire est constituée essentiellement de molécules $H_2^{16}O$, comme le montre le (tableau 1) qui donne la composition isotopique moyenne de l'eau (Boeglin, 2001).

Tableau 1. Composition isotopique moyenne de l'eau (Boeglin, 2001).

Molécule	Abondance relative (% en masse)
$^1H_2^{16}O$	99,70
$^2H_2^{16}O$ ou D_2O	0,000002
$^3H_2^{16}O$ ou T_2O	traces
$^1H_2^{18}O$	0,20
$^1H_2^{17}O$	0,04
$^1H^2H^{16}O$ ou HDO	0,03

4. Différents états de l'eau :

Comme pour la plupart des corps, l'eau peut se présenter sous trois états ou phases : solide (glace), liquide (eau proprement dite), et gazeux (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature, toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre :

Eau-glace, glace-vapeur, eau-vapeur, selon les conditions de température et de pression. Il existe cependant un point, dit point triple pour lequel les trois phases sont rigoureusement en équilibre, à la température de 0,01 °C et sous une pression de 4,6 mm Hg (613 Pa) (Boeglin, 2001).

5. Propriétés physico-chimiques de l'eau :

5.1. Propriétés physiques de l'eau :

Les valeurs des principales constantes physiques de l'eau sont rassemblées dans le (Tableau 2). Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau ; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement (Boeglin, 2001).

Tableau 2. Principales constantes physiques de l'eau pure (**Boeglin, 2001**):

Eau liquide	
Température d'ébullition sous 760 mm Hg (101 325,02 Pa)	100%
Capacité thermique massique à 15°C	4,186 8 j .g ⁻¹
Enthalpie de vaporisation à 100°C	2252,5 j .g ⁻¹
Conductivité thermique à 20°C	5,98 mW .cm ⁻¹ .K ⁻¹
Résistivité à 20°C	23,8 MΩ .cm
Permittivité relative ε à 20°C	80
Indice de réfraction pour la raie D à 10°C	1,333
Masse volumique à 4°C	1g .cm ⁻³ (par définition)
Eau solide	
Température de fusion	0°C (par définition)
Capacité thermique massique	2,093 4 j .g ⁻¹
Enthalpie de fusion sous 760 mm Hg (101 325 ,02Pa)	333,27 j .g ⁻¹
Tension de vapeur à 0°C	877,128 Pa
Permittivité relative ε	3,26
Indice de réfraction pour la raie D	1,309 07
Densité (par rapport à l'eau à 4°C)	0,916 49 ≠ 0,0007
Eau vapeur	
Conductivité thermique à 100°C	0,231mW .cm
Densité par rapport à l'air	0 ,62337
Indice de réfraction pour la raie D à 100°C	1 ,00259

5.2. Propriétés chimiques de l'eau :

L'eau est un excellent solvant, donc facilement polluée le processus de dissolution d'une Substance est une destruction de sa cohésion interne, cette dernière est due à des forces inter atomique et intermoléculaire. La solubilité des gaz, des liquides et des solides est la principale cause de la pollution (**Fancoie, 1998**)

6. Biologie de l'eau :

6.1. Eau et métabolisme cellulaire :

Au sein d'un organisme vivant, les différents organes n'ont pas la même teneur en eau.

En effet, au niveau du tissu osseux, on retrouve le plus faible pourcentage compris entre 22 et 34 % alors qu'il est plus important dans nos viscères à raison de 70 à 80%. C'est dans les tissus nerveux que l'on retrouve le plus fort pourcentage entre 82%

et 94 %. Certaines cellules appelées autotrophes sont capables de transformer l'eau, le gaz carbonique et les sels minéraux en leur propre substance par voie moléculaire extrêmement complexe (**Professeur Ouali, 2001**)

6.2. L'eau siège de vie microbienne :

Comme toutes les cellules vivantes, les cellules microbiennes ne vivent que dans un milieu répondant à certaines caractéristiques dont la teneur en eau est de première importance. En plus, l'eau compose la plus grande partie des produits alimentaires, à titre d'exemple, le pourcentage d'eau constituant les aliments suivant est : 97% pour le concombre ; 87% pour la pomme de terre, 70% pour la pomme, 82% pour la viande de morue, 72% pour la viande de poulet et 74% pour l'œuf (**Yves Zardy, 1986**).

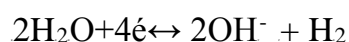
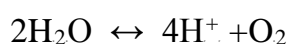
7. L'eau dans la nature :

7.1. Cycle de l'eau :

Le cycle de l'eau est le résultat des échanges entre les différents réservoirs d'eau des océans, des fleuves, des lacs, des glaces, de l'atmosphère, des nappes, des végétaux.....etc. La plus grande partie de l'eau se trouve dans les océans et les mers. Sur les continents, en comparaison, les glaces et les eaux souterraines sont majoritaires. L'atmosphère n'en contient, en comparaison, qu'une petite quantité, mais elle a une importance considérable car elle est en échange avec les autres réservoirs.

L'atmosphère acquiert son humidité par évaporation des océans, des rivières et des sols humides ou par transpiration des plantes. La condensation, à l'origine des brouillards, des nuages et des pluies, est le passage de la vapeur d'eau atmosphérique à l'état de liquide associé à un dégagement de chaleur. Elle se produit lorsque l'atmosphère est saturée en vapeur d'eau. (**Genève, 1998**).

Les précipitations se produisent lorsque les gouttelettes (eau liquide) ou les cristaux (eau solide, glace) ont atteint une taille et un poids suffisant pour vaincre le mouvement ascendant de l'air. L'eau peut participer à des réactions d'oxydoréduction (**Béchaux ,1978**).



Si les basses couches de l'atmosphère sont froides, l'eau se précipite sous forme de neige. Au sol, l'eau rejoint un nouveau réservoir et une circulation plus ou moins complexe, le cycle recommence (Fig. 1)

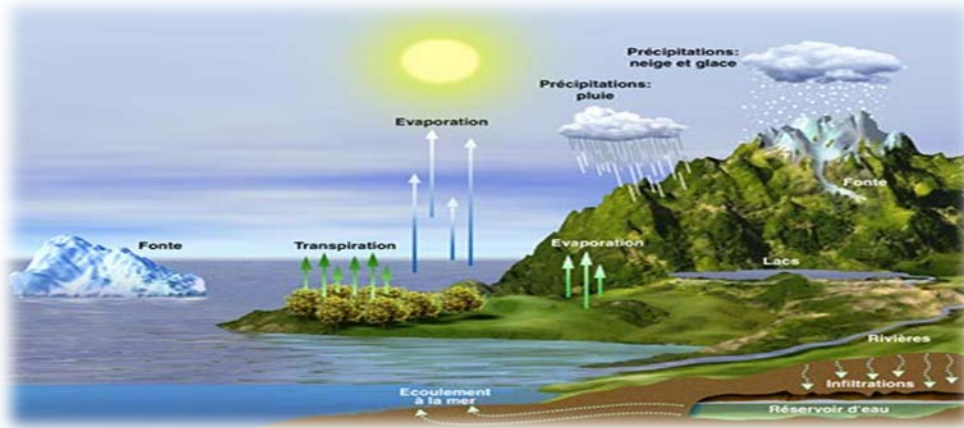


Figure 1. Cycle biogéochimique de l'eau (Genève, 1998)

7.2. Utilisation de l'eau :

L'homme a besoin de grandes quantités d'eau, mais les besoins varient considérablement selon le mode de vie, de travail, de culture, seul la quantité d'eau biologiquement indispensable est pratiquement la même pour tous les êtres vivants (Gacem cli, 2004).

7.2.1. L'eau de consommation :

La quantité d'eau ingérée varie selon les climats, les saisons, les activités, et les individus, elle est en moyenne de 2 litres par jour. Nous buvons l'eau pure (eau thé, café, tisanes, boissons diverses) l'eau constitue l'essentiel des produits naturels comme le lait, les fruits et les légumes.

7.2.2. L'eau dans l'agriculture :

L'eau est la source indispensable de vie pour les plantes, pour les animaux et pour l'homme, une grande partie de l'eau provenant de la pluie, des rivières, des barrages est utilisée pour les besoins de l'agriculture ou de l'élevage.

7.2.3. L'eau dans l'industrie :

L'industrie occupe une place très importante dans les activités économiques et elle nécessite de grandes quantités d'eau pour son fonctionnement. Certaines activités industrielles sont relativement grandes consommatrices telles que les industries chimiques, de papier, de sucre, de métallurgie et de tanneries). Par ailleurs, il est admis que le secteur agricole est le plus grand consommateur d'eau. C'est pourquoi, dans beaucoup de pays, un lourd déficit se fait déjà sentir pour la couverture des besoins en eau domestiques et agricoles à l'instar des besoins industriels. Il s'agit donc de découvrir des eaux qui ne sont pas décrites, d'autant plus que les besoins en eau potable des populations ne cessent de croître.

1. Types des eaux :

1.1. Eau de mer :

Les eaux de mer constituent une source d'eau brute, qu'on utilise lorsqu'il n'y a pas de moyens pour s'approvisionner en eau douce (**Professeur Ouali, 2001**)

1.2. Eau de surface :

Elles sont constituées par les eaux de pluie récoltée, l'eau de rivières, lacs, étangs et l'eau de mer. Ces eaux sont recueillies par des citernes et aires de captage d'eau de pluie, de barrages et prises pour les rivières, et autres eaux superficielles. Les eaux de surface sont très largement utilisées actuellement en quantités considérables qu'elles fournissent le risque se trouve dans leur contamination par les eaux de ruissellement qui peuvent véhiculer des micro-organismes à grandes distances, et être responsable d'épidémies extensives (**Lanoix et Roy, 1976**)

1.3. Eaux souterraines :

Elles comprennent les eaux contenues dans le sous-sol et elles apparaissent sous forme de source en émergence, elles sont captées par des puits, bassins de captage de source et des galeries d'infiltration (**Lanoix et Roy, 1976**).

Ces eaux sont détectées dans les profondeurs des nappes phréatiques reflétant leurs propres caractères dont les plus importants sont : la faible turbidité, une contamination bactérienne moins importante, une température constante avec un indice de couleur faible, par contre leur concentration en fer manganèse est élevée. Selon les conditions géologiques, on peut distinguer différents types de nappes.

1.3.1. Nappe active (ou nappe libre) :

C'est une nappe due à la succession d'une couche imperméable surmontée d'une roche-magasin. L'ensemble du dispositif peut être affecté d'une pente plus ou moins forte. La nappe est alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe fluctue en fonction de quantité d'eau retenue.

L'équilibre hydraulique entre pluviométrie et réserve est assuré par le trop-plein qui constitue les sources. Celles-ci apparaissent en des points particuliers dus principalement à la topographie en fonction de la perméabilité du terrain à travers lequel pénètre l'eau d'infiltration (**Boeglin, 2001**)

1.3.2. Nappe captive :

Ce type de nappe est due à l'enfoncement d'une roche-magasin par suite de la pente des couches géologiques

L'eau est enfouie dans le sol depuis des milliers ou des centaines de milliers d'années. Ces nappes sont exploitées par des forages profonds jusque 600 et même 1000 m.

Toutefois une nappe captive peut être alimentée en certains points là où le terrain aquifère affleure à la surface du sol ou vient se perdre dans une couche perméable (**Boeglin, 2001**)

1.3.3. Nappe alluviale :

Les plaines alluvionnaires sont souvent formées de matériaux détritiques, c'est-à-dire de débris, très poreux et gorgés d'eau. Il y a là une réserve importante à exploiter et qui est presque toujours entretenue par le débit des rivières ainsi que par les précipitations et éventuellement la nappe des coteaux. Au voisinage de la mer, la nappe peut recevoir de l'eau salée (**Boeglin, 2001**)

1.3.4. Nappe phréatique :

Lorsque le fond imperméable est pratiquement horizontal et peu profond, il existe une nappe dite phréatique dans laquelle on peut creuser des puits. Le niveau piézométrique de la nappe phréatique a toujours tendance à suivre régulièrement les variations de la pluviosité. En période de sécheresse, les se tarissent (**Jean-Claude Boeglin, 2001**)

1.3.5. Les sources :

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses. On distingue trois types de sources :

- **Les sources d'affleurement**, pour lesquelles l'approvisionnement s'effectue sur un fond imperméable dans la vallée.
- **Les sources d'émergence, ou artésiennes**, qui sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces sources sont plus susceptibles de tarissement). Leur débit est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année, tandis que le rendement des autres types de sources dépend du niveau de la nappe et des précipitations saisonnières.
- **Les sources de déversement**, elles naissent sur les pentes au-dessus du fond des vallées. (**Bouziati, 2006**).

1.3.6. Les puits :

Un puits est un procédé de captation des eaux d'une nappe phréatique de moyenne profondeur. Il peut être creusé de différentes manières et on distingue plusieurs types puits :

- **Les puits ordinaires**, ce sont des puits plus fréquemment réalisés dans les zones rurales (puits individuels ou semi collectifs). Ils sont généralement creusés à la main et sont plus faciles à réaliser dans les régions où la topographie est peu accidentée et où la nappe phréatique se trouve à moins de 20 mètres du niveau du sol. La profondeur des puits ordinaires varie généralement de 1 à 15 mètres, avec un diamètre de 1 à 2,5 mètres environ.
- **Les puits foncés ou puits tubulaires**, ce sont des puits construits par les procédés d'injection ou par battage de la formation aquifère.
- **Les puits forés**, sont des puits qui sont réalisés par forage manuel ou mécanique et sont destinés à capter l'eau des nappes profondes.
- **Les puits artésiens**, sont des puits où l'eau jaillit vertue du principe des vases communicants. Ces puits sont alimentés par une nappe sous pression libre généralement par un forage. (**Bouziari, 2006**).

2. Eau de source :

La dénomination eau de source est réservée aux eaux de qualité bonne pour l'alimentation humaine, introduites à leurs lieux d'émergence, telles qu'elles sortent du sol et livrées au consommateur dans divers types d'emballages. Il existe aussi ce qu'on appelle l'eau potable qui est également naturellement potable mais dont la composition n'inclut aucune propriété thérapeutique. C'est particulièrement, les eaux minérales qui disposent de propriétés thérapeutiques. L'exploitation de ces types d'eau est livrée à une législation stricte en amont et à un contrôle de qualité en aval (**Ouali, 2001**)

2.1. Définition des eaux de sources :

Les eaux des sources sont des eaux adaptées à la consommation humaine, microbiologiquement saines et protégées contre les risques de pollution.

Les eaux de sources comme les eaux minérales proviennent d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploité à partir d'une ou plusieurs émergences naturelles ou forées, à proximité desquelles l'eau est conditionnée.

Elles ne peuvent faire des l'objet d'un traitement ou adjonction autre que :

- La séparation des éléments instables et la sédimentation des matières en suspension par la décantation ou filtration.

- L'incorporation de gaz carbonique ou la dégazéfication. (Ouali, 2001)

3. Eaux thermales :

Il s'agit d'une eau dont la température est supérieure à la température moyenne des eaux de nappe de la région. En général, la température des eaux régionales des eaux 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 augment avec la profondeur. Au-delà de 1,5 m les variations temporelles sont assez faibles et rapidement en dessous de cette profondeur, la température peut être considérée comme constante (sauf cas particulier). Donc les eaux thermales sont des eaux dont la température est supérieure à cette valeur régionale. On distingue les eaux thermales de basse enthalpie (basse température) et les eaux thermales de haute enthalpie.

En effet, certaines eaux thermales, du fait de la température du réservoir, acquièrent des propriétés chimiques particulière, différentes des caractéristiques habituellement observées pour les eaux froides de surface. Du fait des températures qui peuvent être élevées dans le réservoir (200 ou 300°C), elles sont capables de dissoudre certains minéraux et s'enrichir en « oligoéléments » durant le long temps de contact, parfois plusieurs dizaines de milliers d'années, avec les roches du réservoir profond.

Par ailleurs, le circuit des eaux thermales est généralement assez long. Aussi, les eaux thermales sont généralement exemptes de contaminants tels que les nitrates ou les produits xénobiotiques. Il y a plusieurs types d'eau minérale dont les plus importants sont les eaux carbogazeuses et sulfurées. (Ouali, 2008)

3.1. Les eaux carbogazeuses :

Les eaux carbogazeuses sont des eaux changées en CO_2 . Ce CO_2 peut être produit par exemple par la décomposition de calcite à haute température, une qui libère le gaz. En effet, lorsque des calcaires sont enfouis et portés à haute température, une décomposition de la calcite se produit. Le libère peut se dissoudre dans l'eau du réservoir. La quantité de CO_2 dissous est proportionnel à la pression partielle de se gaz dans la phase gazeuse en contact avec l'eau. Du fait de la pression liée par exemple à la colonne surmontant, le CO_2 est dissous, parfois en grande quantité. Le PH qui en résulte réservoir est bas, et la solution peut dissoudre de grandes quantités de calcite

Lors de la remontées de l'eau carbo-gazeuse des modifications physico-chimiques importantes se produisent. (Ouali, 2008)

3.2. Les eaux sulfurées :

Il s'agit des eaux riches en sulfures et autres composés soufré ayant différents niveaux d'oxydoréduction (sulfites, thiosulfates, soufre élémentaire colloïdal, soufre organique, sulfate, polysulfures, etc.). La présence de sulfures, notamment d'hydrogène sulfuré, même à l'état de traces, induit une odeur très caractéristique.

De manière générale, ces eaux sont marquées par un caractère réducteur. Les espèces réduites étant relativement divers (nom seulement pour l'élément soufre mais aussi d'autres éléments comme le fer..) et de concentration variables, on mesure la quantité totale de composés réducteur par la quantité totale de dioxygène nécessaire à l'oxydation de toutes les formes réduites, sans distinction. La quantité de dioxygène nécessaire à l'oxydation complète sera bien évidemment d'autant plus importante que les formes seront plus réduites et que la concentration de ces dernières sera plus élevée.

4. Etymologie :

L'adjectif « thermal » est dérivé du nom « thermes »; les origines de « thermes » sont issues du latin « thennac », et du grec « thermos », signifiant chaud. Ce mot apparaît en 1625 dans la langue française ⁷¹, et la notion des « eaux thermales » est quand à elle attestée en 1735 par Woodward.

4.1. Définition des eaux thermales :

A travers les âges, différentes définitions ont été attribuées aux eaux thermales ; celles-ci se basent sur le critère thermique principalement ;

Les sources d'eau chaude ou thermales, présentent tous les degrés de chaleur depuis l'eau bouillante, qui est de 100 degrés, jusqu'à tempérée (**Dictionnaire de Paramelle, 1856**).

Une source est dite thermale quand sa température dépasse celle de la zone de température constante (**Dictionnaire de Launay, 1899**).

Une eau thermal est une eau souterraine dont la température est de 50 supérieure à la température moyenne des sources ordinaires, c'est-à-dire température moyenne du lieu, ou à la température de la zone à température constante du sol à altitude égale (**Gosselin Schoeller, 1939**).

Eau de source ayant une température élevée (**Dictionnaire Des Sciences de l'environnement**)

Eau de source chaude ou tiède (**Dictionnaire de l'environnement AFNOR, 1994**).

Étaient considérées comme des eaux thermales, des eaux dont la température à l'émergence était élevée, du moins plus élevée que la température constante du sol au point d'émergence.

La définition des eaux thermales s'est enrichie par la suite d'un aspect thérapeutique :

Une eau thermale a une température élevée à la source et propriétés thérapeutiques (**Le petit robert.1994**).

Eau souterraine naturellement chaude à son émergence (source, puits jaillissant) et utilisable de ce fait à des fins particulières : thermalisme, chauffage (**Dictionnaire Français d'hydrogéologie, 1977**).

Les laboratoires pierre Fabre (Neuzil et al.3) donnent cette définition aux eaux thermales et notamment à celle d'avène : « Eau de source naturellement minéralisée dont la composition permet une utilisation thérapeutique (reconnu par l'académie de médecine) »

Ces définitions ne sont pas concordantes : les unes se réfèrent au seul critère de température.

En accord avec l'étymologie, « eau thermale », alors synonyme de « eau chaude », avec une comparaison à un seuil de température ; les autres associent la température et un usage en conséquence, que ce soit balnéaire ou thérapeutique ; l'eau thermal est alors incluse dans les eaux minérales (de même que le dérivé « thermalisme » désigne toutes activités d'usage d'eau minérale, chaude ou froide).

Au vu de toutes les définitions envisagées, une eau thermale pourra se caractériser par : -une origine profonde (qui garantit sa pureté), des caractéristiques physiques et chimiques déterminés stables, malgré les fluctuations naturelles et des effets pharmacologiques (ce qui la différenciera d'une eau de source).

5. Législation régissant les eaux thermales :

Le décret exécutif n° 94-41 du 17 Chaâbane 1414 correspondant au 29 janvier 1994 portant définition des eaux thermales et réglementant leur protection et leur exploitation.

-Décret exécutif n° 07-69 du Aouel Safar 1428 correspondant au 19 février 2007 fixant les conditions et les modalités d'octroi de la concession d'utilisation et d'exploitation des eaux thermales.

-Décrets sur les eaux thermales et le thermalisme (Algérie) D'après le Journal officiel de la République Algérienne N° 13 (3 Safar 1428, 21 février 2007)

- **Art.2.** Les eaux thermales sont des eaux captées à partir d'une émergence naturelle ou d'un forage qui, en raison de la nature spéciale de leurs principes, de la stabilité de leurs caractéristiques physiques et de leur composition chimique, peuvent avoir des propriétés thérapeutiques.
- **Art.7.** Les eaux thermales font l'objet d'une reconnaissance et sont soumises impérativement des analyses bactériologiques.
- **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. (**JOR, 2007**)

Elle est certifiée par des laboratoires agréés conformément à la réglementation en vigueur

6. Formation des eaux thermales :

La densité de l'eau diminue quand sa température augmente, l'eau réchauffée dans les profondeurs de la terre tend à remonter vers la surface ; sa circulation est facilitée par le fait que l'élévation de température diminue sa viscosité.

L'eau froide s'enfonce, pour se réchauffer, puis remonte, sa circulation en profondeur draine la chaleur accumulée depuis des centaines, voire des millions d'années. Cette chaleur provient pour une grande part des 15 à 20 premiers kilomètres de la croûte terrestre, et pour une part plus modeste, du magma, encore plus profond.

C'est en effet au cours de leur trajet qu'elles se chargent des éléments qui les constituent les eaux les plus profondes, dites plutoniques, sont les plus anciennes (on estime leur âge en millions d'années) et généralement les plus chaudes. Les eaux superficielles, dites néptuniennes, sont plus fraîches et plus récentes.

Le captage d'une eau thermique est une opération délicate qui nécessite des forages parfois profonds, de 150 à 1500 mètres. En approchant de la surface, l'eau peut être exposée à un risque de mélange (avec des eaux naturelles) ou de pollution.

7. Classement des eaux thermales :

On classe les eaux minérales en fonction de leur température d'émergence (froide en-dessous de 20°C, hypothermale entre 20 et 35°C, thermale entre 35°C et 50°C, hyperthermale au-dessus de 50°C) et de la présence d'un élément remarquable, soit par sa nature, soit par sa concentration par rapport à l'ensemble des autres éléments contenues dans l'eau. On distingue ainsi six principales classes d'eaux minérales :

- Les eaux sulfurées,
- Les eaux sulfatées,

- Les eaux chlorurées,
- Les eaux bicarbonatées,
- Les eaux chlorobircarbonatées
- Les eaux oligominérales.

8 .Localisation géographique des sites des sources :

8.1. Localisation des sources selon les besoins hydrographiques en Algérie :

Le territoire de l'Algérie a été divisé en 1996 en 5 bassins hydrographiques (**Agence du bassin cheliff-zahrez, loi N°83_17 du 16 juillet 1983**) :

1-Constantinois-Seybouse-mellégue

2-Algérois-hodna-soumam

3-Cheliff-zahrez

4-Oranie-chott-chergui

5-sahara

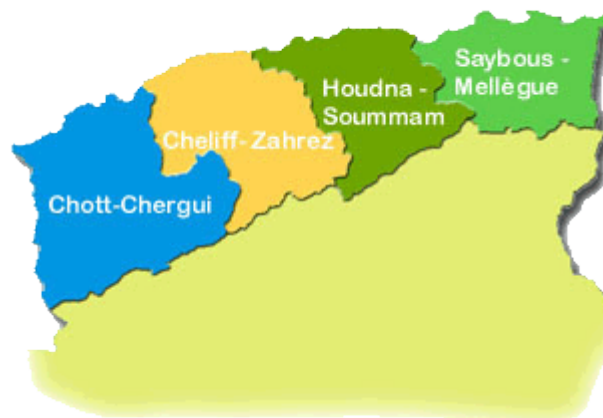


Figure 2. Bassins hydrographiques en Algérie (**Agence du bassin Cheliff-Zahrez, 1983**)

Les tableaux 3, et 4 donnent la localité géographique des trois sortes de sources d'eaux Souterraines ainsi que le bassin hydrographique auquel elles appartiennent

Tableau 3. Localisation géographique des sites des eaux thermales en Algérie. (**Agence du bassin Cheliff-Zahrez, 1983**)

Noms des sources	localité	Bassain hydrographique
Thermales		
Bou-Hanifia	mascara	
H.Bouhadjar	Ain témouchent	
Ain Ourka	Naama	
Les Abdellys	Tlemcen	
H.Boughrara	Marnai	
H.Rabi	Saida	Oranie-chott chergui
Nazareg	Tlemcen	
H.ben chiguer	Relizane	Chelif-zahrez
Le blanc	Blida	
Takitount	Béjaia	
Ain n'sour	Ain defla	
H.righa	aindefla	
O.ghalia	boumardas	
H.melouane	blida	
H.berrouaguia	Médea	Algerios-hodna-soummam
H.ksenna	bouira	
H.el biban	Bordj bou arreridj	
Ben-Haron	Mila	
Sidi-mcid	Constantine	
Le hamma	Constantine	
Ain tinn	Mila	
O.hammimime	Souk Ahras	
H.geurgour	Sétif	
H.bradaa	Guelma	
H.n'bails	Guelma	
H.meskhoutine	Guelma	Constantinios-seybouse-mellegue
Youks-Les bains	Tébessa	
H.amamrhas	Kenchela	
H.bouakkaz	Mila	
h.grouz	Constantine	
H.bou-sellam	Sétif	
H.zaid	El Tarf	
H.tassa	Souk Ahras	
H.beni-guécha	Mila	
H.salihine	Biskra	Sahara

Tableau 4. Localisation géographique des sites des eaux de sources en Algérie.
(Agence du bassin Cheliff-Zahrez, 1983)

Noms des eaux de sources	localité	bassin hydrographique
Sidi A.Benyoub	sidi bel abbés	
Dhaya	sidi bel abbés	Oranie-Chott chergui
Sidi khlelifa	sidi bel abbés	
Sfid	saida	
Lajdar	tiaret	cheliff-zahrez
Aghbalou	Bejaïa	
Nestlé	Blida	
sidi rached	Tizi Ouzou	
ayris	Bejaïa	Algerios-Oudna-Soummam
bourrached	Bejaïa	
el malez	Bordj Bou Arreridj	
halouane	Bejaïa	
hayet	Alger	
mont djurdjura	Bouira	
oumalou	Tizi Ouzou	
ovitale	Bejaïa	
star	Bejaïa	
Geriore	oum el bouaghi	constantinois-seybousse-mellegue
Thevest	tébessa	
Texanna	jijel	sahara
Fontaine des gazelles	biskra	

1. Histoire :

L'exploitation des eaux thermales dans le domaine thérapeutique n'est pas récente, elle remonte à l'époque romaine. En effet les romains accordaient une importance très particulière aux sources thermales, très souvent ils construisirent des sites autour de ces sources, comme c'est le cas pour les sites suivants : Aquae Maurétanie césarienne (Hammam Righa) ; Aquae sirenses (Hammam bouhanifia) ; Aquae Chibilitanae (Hammam meskoutine).

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 qui doit son nom au marabout Sid Ahmed Bouhadjar qui a vécu dans la tribu des ouled bouhadjar avant la colonisation française et dont le mosquée est situé au Sud-Est de la ville de hammam bouhadjar.

2. Thermalisme :

Le thermalisme est l'utilisation thérapeutique des propriétés de certaines eaux minérales naturelles 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. **(Pierre, 2000)**

C'est une médecine douce, complémentaire et constitue une alternative aux autres soins médicaux.

Les soins sont dispensés par un personnel qualifié (kinésithérapeutes, infirmières, agents de soins thermaux) les soins proposés sont variés.

→ Des traitements complémentaires à base d'eau : bains, douches, massages sous l'eau, rééducation en piscine, cures de boissons

→ Des traitements à base de boue : bains complets ou applications locales

→ La cure comprend : L'eau thermique pour un usage thérapeutique

2.1 Thermalismes en France :

La France est le troisième pays en Europe après l'Allemagne et l'Italie. Elle compte aujourd'hui 108 stations et 112 établissements thermaux habilités par le ministère de la Santé. Elles sont, pour la plupart, situées dans les massifs montagneux. En France, les cures thermales remboursées par la Sécurité sociale sont systématiquement délivrées sur une période de trois semaines. Les pratiques thermales

sont variables d'une station à l'autre mais peuvent être regroupées sous différentes catégories. Elles avaient été recensées dans les différents établissements français par le Syndicat des médecins thermaux en 2004. **(Pierre, 2005)**

3. Les stations thermales médicalisées :

Parmi les nombreuses stations thermales qui existent en Algérie, huit seulement sont médicalisées, il s'agit des stations thermales : Hammam bouhanifia (mascara), Hammam bouhadjar (Ain temouchenet), Hammam boughrara(Tlemecen), Hammam Rabi (Saïda), Hammam Righa (Ain Defla), Hammam Guergour (setif), Hammam salhine (biskra), Hammam Meskoutine (guelma).

Ces stations thermales sont gérées par la société Algérienne de thermalisme et sont conventionnées avec les différentes caisses de sécurité sociale (CNAS, Casnos, caisse militaire), **(Ouali, 2008)**.

Les établissements disposent de structures d'accueil et d'équipements adéquats ainsi qu'un encadrement médical et paramédical qualifié pour prodiguer des soins basés sur des méthodes scientifiques de la crénothérapie aux différents malades et curistes.

Les autres stations thermales éparpillées à travers le territoire national enregistrent par contre un déficit dans les infrastructures d'accueil, elles sont surtout sollicitées par les curistes pour les bains thermaux traditionnels.

3.1. Hammam boughrara :

La station thermale de hammam Boughrara est mise en exploitation en 1974, ses eaux sulfatées et bicarbonatées sodiques, émergent à une température de 45°C. Les indications thérapeutiques sont d'ordre rhumatologique, dermatologique, gynécologique et respiratoire. Les techniques thermales consistent en des bains simples, bains carbo-gazeux, bains locaux, douches au jet, auxquelles s'ajoutent des soins complémentaires : thermothérapie (infrarouges et applications de paraffine), électrothérapie, massage à sec.**(Djafri, col 2009)**



Figure 3. Hammam boughrara**3.2. Hammam bouhadjar :**

La station thermale est mise en exploitation en 1974, on y dénombre une quarantaine de sources en majorité chaudes, entre 35 et 72°C. Les indications thérapeutiques principales sont les rhumatismes et les séquelles de traumatismes ostéoarticulaires qui regroupent 85% des curistes. Qualité de ses eaux : Eaux Chlorurées Sodiques (70 ° C). (Djafri, Al 2009)

**Figure 4. Hammam bouhadjar****3.3. Hammam Bouhanifia :**

Les eaux thermales jaillissent à des températures entre 20 et 70°C. Les principales maladies traitées sont le rhumatisme dégénératif (arthrose), le rhumatisme inflammatoire chronique, les séquelles de traumatisme et tous les autres cas liés aux problèmes de la sphère (ORL). (Djafri, Al 2009)

**Figure 5. Hammam Bouhanifia**

3.4. Hammam Rabbi :

La station thermale de Hammam Rabbi est mise en exploitation en 1970, son eau a des origines profondes et arrive en surface sous pression à une température moyenne de 40°C et un débit moyen de 8 l/s. Les eaux thermale de hammam Rabbi traitent les affectations en : Dermatologie, douleurs rhumatismales aiguës, articulaires, fièvres anémiques, affections cutanées et respiratoires. **(Djafri, Al 2009)**



Figure 6. Hammam Rabbi

3.5. Hammam Righa :

En 1934, la station comprenait un hôpital militaire et plusieurs établissements environnants.

L'hôpital est alimenté par neuf sources dont le débit total est de 15l/s. Les eaux sont sulfatées calciques hyperthermales (54°C).les techniques de cure sont classiques : balnéation générale et locale, douches au jet et affusions, massages sous l'eau, mésothérapie à sec, électrothérapie, rééducation et enveloppements de paraffine. **(Djafri, Al 2009)**

3.6. Hammam Guergour :

Les études physico-chimiques faites à diverses reprises ont toutes conclu à la radioactivité des eaux thermales et minérales, elles sont classées au 1er rang en Algérie et au 3ème rang mondial après les bains de Brembach (Allemagne) et les bains de Jachimov (Tchécoslovaquie), son taux de radioactivité est de 122 milli microcuries/l. Elles se placent de par leur composition chimique dans le groupe des eaux sulfatées-calciques et chlorurée sodiques dont les eaux sont hyperthermales à une température avoisinant 44°C

Dans le cadre du développement du tourisme thermal en Algérie, le gouvernement décida la construction d'un complexe thermal au milieu des années

soixante dix au niveau d'un ancien site romain qui surplombe le village de Hammam Guergour sur une superficie de 14 hectares, Il fut inauguré le 20 juin 1987. Aujourd'hui la station thermale de hammam Guerguour accueille des curistes pendant toute l'année pour des soins rhumatologiques et neurologiques, elle ne cesse de prendre de l'ampleur et de l'estime auprès de toutes les personnes qui s'y rendent. (Djafri, Al 2009)

3.7. Hammam Meskoutine :

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 55 l/s. Les eaux sont d'une nature saline, avec une odeur sulfureuse, leurs faciès chimique est bicarbonaté calciques, chloruré sodique, radioactives, avec dégagement d'hydrogène sulfuré. Les indications sont prioritairement rhumatologiques mais aussi respiratoires (ORL et bronches). (Djafri, Al 2009)



Figure 7. Hammam Meskoutine

3.8. Hammam Salhine :

Hammam Salhine est fréquenté par de nombreux curistes, il enregistre jusqu'à 700 000 visiteurs par an. Il a été aménagé le 20 Septembre 1988 sur la base de l'ancienne source. La température des eaux avoisine 70 °C, elles sont sulfurées et chlorurées sodiques avec un débit de 65 l/s. leur composition chimique leur confère des thérapeutiques indiquées pour les maladies rhumatismales, respiratoires et dermatologiques. (Djafri, Al 2009)



Figure 8. Hammam Salhine**4. Eaux minérales et eaux de sources :**

Les vertus thérapeutiques se confirment d'année en année et sont aujourd'hui reconnues pour douze orientations thérapeutiques : affection des muqueuses bucco –linguales ; affections psychométriques, dermatologie, gynécologie, maladies de l'appareil digestif et maladies métaboliques, maladies de l'appareil urinaire, neurologie, rhumatologie et séquelles des traumatismes ostéo-articulaires, troubles de la croissance et voies respiratoires.

Au cours des dernières années, des études scientifiques ont été menées pour prouver que le thermalisme contribue à réduire les douleurs et les symptômes de certaines maladies, telles que la lombalgie, l'eczéma, la dépression ou l'affection ORL.

4.1. Les eaux bicarbonatées :

Les eaux bicarbonatées qui contiennent également du sodium sont indiquées pour le traitement des affections gastro-intestinales et hépato-biliaires (foie).

Celles qui contiennent également du calcium ont un effet anti-inflammatoire apaisant et cicatrisant qui agit sur les maladies de la peau. Elles sont indiquées pour le traitement de l'acné et des brûlures. (Castell, 2011)

4.2. Les eaux sulfatées :

Fortement chargées en soufre, ces eaux sont indiquées pour les affections du rein. Celles qui contiennent également du calcium et du magnésium sont indiquées pour le traitement de l'acné, et des brûlures. (Castell, 2011)

4.3. Les eaux sulfurées :

Elles exercent une action curative sur les muqueuses grâce à leur taux élevé en soufre et sont indiquées pour le traitement des eczémas, des séquelles et cicatrices de brûlures. (Castell, 2011)

4.4. Les eaux chlorurées :

Riches en chlorure de sodium, elles ont un effet stimulant sur la croissance et sont indiquées dans le traitement des troubles du développement et de l'énurésie. (Castell, 2011)

4.5. Les eaux Oligo-métalliques :

Elles peuvent être riches en cuivre, en fer ou en arsenic. Les eaux en cuivre sont indiquées en dermatologie, celles contenant du fer sont utilisées pour le traitement de

l'anémie et celles qui contiennent de l'arsenic interviennent dans le traitement des allergies. (Castell, 2011)

1. Paramètre de qualité et de potabilité de l'eau :

Une eau est dite potable lorsqu'elle :

- Est incolore, inodore et sans goût apparent
- Ne contient pas de germes parasites ou pathogènes
- Contient, dans des limites définies, un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable et dont l'action bénéfique sur l'organisme humain est prouvée.
- Ne contient pas d'élément qui seraient des indices de pollution et d'élément dont la toxicité est prouvée.
- Ne contient pas des substances la rendant inutilisable pour le ménage.
- Ne doit pas être agressive ou entartrant pour les canalisations.

Les normes de potabilité d'une eau portent sur sept groupes de paramètres qui sont :

1.1. Paramètres organoleptiques :

Une eau destinée à la consommation humaine doit être limpide, fraîche, de saveur agréable et exempte de couleur et d'odeur (**Fancoie, 1998**).

1.1.1. Couleur :

La couleur des eaux naturelles est généralement due à la présence en excès de certains minéraux tel que le fer et également à certaines matières organiques. Leur élimination par traitement est indispensable pour rendre l'eau agréable à boire. Il est important de noter qu'une couleur limpide de l'eau ne signifie pas forcément son caractère potable (**Zardy, 1986**).

1.1.2. Saveur et odeur :

Ce sont deux propriétés très subjectives. A nos jours, il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Une saveur désagréable dans l'eau est généralement conférée par des excès de fer, de manganèse, de chlore actif, de phénol et chlorophenol. Elle se développe de façon plus accrue avec l'augmentation de la température.

Un développement d'odeur dans l'eau de consommation est généralement due au plancton et aux algues mortes pour les eaux de surface et au sulfure d'hydrogène pour les eaux souterraines.

En exploitation, en règle générale, l'apparition d'odeur et de goût sont le plus souvent des signes d'activité bactérienne donc, de pollution (**Genève, 1998**).

1.2. Paramètres physico-chimiques :

1.2.1. Température :

Une eau potable devant être rafraichissante, la température maximale admissible est de 15°C. Une température plus élevée peut être à l'origine de développement de micro-organismes, peut accentuer le goût, la saveur et l'odeur, comme elle est un facteur important dans la corrosion de la canalisation.

1.2.2. PH :

Le PH de l'eau traduit son acidité ou son alcalinité par sa concentration en anhydride carbonique lié à la minéralisation total. C'est un facteur déterminant de l'agressivité de l'eau vis-à-vis de la canalisation et de l'action du chlore lors de la désinfection (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.3. Conductivité électrique :

Elle exprime la capacité de conduction de courant électrique d'une eau. Elle est fonction de la présence d'ions et augmente avec la température et la concentration en sels dissous. Elle constitue de ce fait une cirière d'appréciation de la minéralisation globale d'une eau (**Jean Rodier Et Coli, 2005**).

1.2.4. Turbidité :

La mesure de la turbidité d'une eau nous renseigne sur sa charge en M.E.S (matières en suspension) qui sont de l'argile, limons, grains de silice, matière organique, etc....

Une turbidité élevée peut être le résultat de crues de cours d'eau, de développement d'algues dans une retenue, ou lorsqu'elle est occasionnelle, d'anomalie dans le traitement, de corrosion dans la canalisation etc..... (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.5. Oxygène dissous :

L'oxygène est un élément instable dans l'eau. Sa teneur est fonction de la température et de la nature de l'eau (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.6. Dureté :

La dureté d'une eau qui est le résultat de sa concentration en ions métalliques (Ca^{2+} , Mg^{2+} etc.), provient essentiellement du lessivage des terrains traversés.

Selon les besoins, la dureté totale d'une eau, exprimée en TH (titre hydrotimétrique) est fixée à des valeurs bien précises. Pour les besoins domestiques (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.7. Chlorure :

Très répandus dans la nature sous forme de sels de sodium (Na Cl), de calcium (Ca Cl) et de potassium (K Cl), ils ont pour origine le lessivage des terrains traversés, l'infiltration de nappes par des eaux marines et l'activité industrielle.

Il faut savoir également que l'utilisation du chlore comme produit de traitement peut augmenter de façon considérable leur concentration.

N'étant d'aucune incidence prouvée sur la santé d'organismes humains sains, il confère cependant une saveur désagréable à l'eau (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.8. Sodium :

Sa présence dans l'eau provient du lessivage de formation géologique contenant du chlorure de sodium (Na Cl). Son ingestion en importantes quantités entraînant des complications sur des sujets hypertendus (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.9. Calcium :

Très répandu dans la nature exclusivement sous forme de molécules composées (carbonates, sulfates, chlorures ...), il est indispensable dans le développement du corps humain. D'ailleurs certains procédés de traitement imposent l'ajout de calcium, de magnésium, de sodium etc. (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.10. Magnésium :

Le magnésium est un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre, la plupart de ses sels sont très solubles dans l'eau, Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.11. Potassium :

C'est un élément qui contient un atome neutre d'absorber à une certaine longueur d'onde un quantum, d'énergie. Pour plus de précisions, voir méthodes instrumentales en hydrologie (**Rodier et Coli, 2005**).

1.2.12. Fer :

Élément ne représentant aucun inconvénient pour l'organisme humain, il peut, cependant à certaine concentration, présenter des désagréments à la consommation (saveur) et au ménage (tache de rouille sur le linge).

1.2.13. Aluminium :

Il est considéré de la même manière que le fer

1.2.14. Manganèse :

Le manganèse confère à l'eau un goût désagréable et entraîne des dépôts noirâtres dans les conduites pouvant provoquer la coloration de l'eau.

1.2.15. Zinc :

Élément courant, on le trouve généralement dans le charbon, et le pétrole. Sa teneur dépasse rarement les $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$.

1.2.16. Fleur :

A faible dose, c'est un élément indispensable pour la protection des dents contre les caries. A forte dose, il provoque le malheur de ces mêmes dents les rendant cassantes ou tachées de noir.

1.2.17. Nitrites :

C'est la forme intermédiaire entre l'azote ammoniacal et les nitrates car ils peuvent apparaître par la nitrification de l'ammoniac et par la dénitrification des nitrates

C'est également la forme du cycle la plus dangereuse pour la santé humaine car au-delà d'une concentration de $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$, ils provoquent la méthoglobinémie essentiellement chez les nourrissons.

1.2.18. Nitrates :

Ils constituent le composé final du cycle d'oxydation de l'azote. Leur toxicité pour l'homme réside dans le fait qu'ils transforment facilement en nitrites par dénitrification.

1.2.19. Sulfates :

Les sulfates sont un composé naturel de l'eau et proviennent du lessivage des terrains traversés. Leur concentration peut augmenter lors du traitement d'eau de surface par l'utilisation du sulfate d'alumine. Leur présence en excès donne à l'eau un goût amer et provoque un effet laxatif à la consommation.

1.2.20. Phosphates :

Ils peuvent avoir pour origine la dégradation de la matière organique. Le lessivage des terrains agricoles. Et les rejets industriels. Ils sont responsables de l'accélération du phénomène d'eutrophisation des eaux superficielles (Rodier et Coli, 2005).

4. Eléments toxiques :

4.1. Pesticides :

D'origine essentiellement agricole, (traitement des cultures par des pesticides), ils contaminent l'eau même à très faible concentration en modifiant radicalement ses qualités organoleptiques. Ils sont d'une toxicité très importante sur l'organisme humain (bioaccumulation dans certains tissus) (Lanoix, Roy 1976).

4.2. Hydrocarbures :

Leur présence dans l'eau a pour origine l'activité industrielle humaine (gaz, pétrole, pétrochimie etc....) mais peut provenir également du lessivage des sols de forêts.

4.3. Arsenic :

Il est généralement rencontré à très faible concentration dans les eaux de surface et peut avoir plusieurs origines (rejet industriels, agriculture etc....). Du fait de son accumulation dans l'organisme et de sa toxicité à faible dose.

4.4. Argent :

Présent dans de nombreux terrains sous la forme sulfatée. Il peut également provenir de l'activité humaine (bijouterie, métallurgie, etc....). Comme pour l'arsenic.

4.5. Mercure :

Lui-même, il est rencontré à des concentrations insignifiantes (inférieures à 0,5 µg/l) dans les eaux de surface et souterraines. C'est sous la forme de sels de mercure qu'il est plus toxique pour l'homme par accumulation dans l'organisme.

4.6. Plomb :

Il est rencontré en quantité très négligeable dans l'eau naturelle, sa concentration anormale provient essentiellement de la dissolution de plomb constituant l'élément des systèmes d'AEP. C'est un élément très toxique pour l'homme et est responsable du saturnisme et de l'altération de la fertilité (Lanoix, Roy 1976).

Tableau 05.paramètres physico-chimique.

Paramètres	CMA	Effets indésirables
chlore	0.2-0.6 mg/l	<0.2peu efficace sur la désinfectons >1, peut entrainer des effets cancérigènes
ph	60.5-8.5	Ph acide, corresion des conduites ph basique diminue l'efficacité de la désinfection
température	25°C	Basse, diminue l'efficacité du traitement élevée, favorise la croissance microbienne de la formation des THM
turbidité	5 NTU	Protège les micro-organismes contre les effets de la désinfection
nitrites	50 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
nitrites	0.1 mg/l	Risque de méthémoglobinémie infantile
Azote ammoniacal	0.5 mg/l	Favorise le développement de certaines bactéries génératrices de mauvais gout
Résidu sec	2000 mg/l	Gout désagréables
calcium	200 mg/l	Entartage des conduites
magnésium	150 mg/l	Combine au SO ₄ génère gout
Dureté total (TH)	500 mg/l	Entartrage des conduites. Consommation excessive de savon
sodium	250 mg/l	A concentration élevée gêne les hypertendus
potassium	15 mg/l	Entraine gout
chlorures	600 mg/l	Saveur désagréable, effet laxatif corrosion des conduites
sulfates	400 mg/l	Trouble gastro-intestinaux, corrosion des conduites
aluminium	0.2 mg/l	Désordre neurologique
cuiivre	1 mg/l	Saveur désagréables. tache de ligne et la plomberie, domestique
fer	0.3mg/l	Saveur désagréables. tache de ligne et la plomberie, favorise le développement de bactéries
Manganèse	0.5 mg/l	Saveur désagréables. tache de ligne et la plomberie, favorise le développement de bactéries
cadmium	0.05 mg/l	Maladie d'ITAI-ITAI
chrome	0.05 mg/l	Nécrose du foie, néphrite
cyanures	0.05 mg/l	Peuvent être mortels a dose élèves
fluorures	1.5 mg/l	Altération dentaire et fluorose du squelette
plomb	0.05 mg/l	saturnisme
sélénium	0.01 mg/l	Carie dentaire
arsenic	0.5 mg/l	Trouble gastro-intestinaux, hépatiques et rénaux trouble du métabolisme glucide-lipidique
mercure	0.1 mg/l	Dose mortelle 0.15-0.5 de chlore mercurique, trouble neurologiques

5. Rôles des sels minéraux et d'oligo-élément présent dans les eaux minérales et les eaux des sources :

5.1. Rôles des bicarbonates :

Le bicarbonate agit sur l'acidité, et il permet de donner au sang un pH stable.

➤ Surdose en bicarbonate :

Il n'y a pas vraiment de contre-indication pour les eaux bicarbonate. Cependant les personnes souffrant de ballonnement devraient éviter de boire de l'eau gazeuse.

5.2. Rôles du calcium :

Le calcium intervient dans la construction des os et des dents dont il assure la croissance, la solidité, et l'entretien. Il intervient aussi dans la coagulation sanguine. Il assure également la perméabilité des membranes, la transmission des influx nerveux, la contraction musculaire et un rythme cardiaque normal. Le calcium active certaines enzymes et prévient l'hypertension.

➤ Carences en calcium :

Un manque de calcium peut se faire ressentir par des muscles qui se tétanisent. Mais bien souvent la carence de calcium ne provoque pas de symptômes immédiats, et ses effets sont constatés à long terme avec l'ostéoporose chez les personnes âgées ou un retard de croissance chez l'enfant. Les personnes les plus à risque d'être carencées en calcium sont les enfants et les adolescents, les femmes enceintes, les buveurs de café et les personnes âgées.

➤ Surdose en calcium :

Si la quantité ingérée est supérieure aux besoins, le calcium est éliminé par les selles. La dose potentiellement toxique serait atteinte au-delà de 10 L de lait par jour.

5.3. Rôles des chlorures :

Avec le sodium et le potassium, il participe à la bonne répartition de l'eau dans le corps et contribue à équilibrer le pH dans l'organisme. Il participe aussi à la digestion, en se combinant avec les ions H^+ pour former de l'acide chlorhydrique déversé dans l'estomac. Enfin, il contribue au transport du CO_2 dans le sang.

➤ Carences en chlorures :

A cause de vomissement et de diarrhées répétées, l'organisme peut perdre son chlore, provoquant alors des crampes musculaires et une grande fatigue.

➤ Surdose en chlorures :

La concentration maximale admise des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine est de 200 mg/l. C'est d'ailleurs à partir de cette concentration

que commence à ressentir le goût de chlore. Le chlore est naturellement éliminé par l'urine, mais une surdose accidentelle peut provoquer des vomissements (Bouziyani, 2006).

5.4. Rôles du fluor :

Le fluor est un constituant des dents et contribue à prévenir la carie dentaire. Chez les adultes, le fluor contribue à prévenir l'ostéoporose.

➤ **Carences en fluor :**

Il n'existe pas de problème médical connu lié à la carence en fluor. Toutefois l'absence de fluor peut favoriser l'apparition de caries dentaires.

➤ **Surdose en fluor :**

L'excès de fluor est appelé la fluorose. La dose toxique serait entre 4 et 5mg par jour. En quelques mois la fluorose provoque des taches sombres sur les dents. Les os sont trop denses fragilisés (Bouziyani, 2006).

5.5. Rôles du magnésium :

Le magnésium est un activateur de certaine réaction chimique qui se passe dans l'organisme. Il intervient dans beaucoup de systèmes différents, notamment dans la production d'énergie et à la transmission des messages nerveux. Il joue un rôle important dans les échanges entre les cellules et leur milieu. Il intervient à plusieurs niveaux dans les mécanismes immunitaires, les réactions inflammatoires et les allergies. Il semblerait aussi que le magnésium agisse aussi contre le vieillissement en diminuant les dommages provoqués par les radicaux libres.

➤ **Carences en magnésium :**

Un manque de magnésium peut se manifester par des tremblements spontanés des muscles ou par une faiblesse musculaire.

Une carence peut provoquer des accélérations du rythme cardiaque, des spasmes musculaires et une hypocalcémie.

Les personnes nécessitant un apport plus important de magnésium sont les femmes enceintes, les sportifs, les personnes stressées ou spasmophiles. Par ailleurs certaines pathologies comme les maladies rénales, les diarrhées prolongées ou la prise de diurétiques nécessitent un apport accru en magnésium pour compenser l'augmentation des pertes.

➤ **Surdose en magnésium :**

Le magnésium en excès est éliminé par l'urine et n'endommage par les reins, mais une surdose prolongée peut avoir un effet laxatif et hypertenseur (Bouziyani, 2006).

5.6. Rôles du Nitrates :

➤ Surdose du Nitrates :

Le nitrate en lui-même n'est pas toxique. Sa toxicité vient de la chaîne de réaction qu'il subit dans l'organisme. Le nitrate est réduit par des enzymes en nitrite. Celui-ci peut oxyder l'hémoglobine en méthémoglobine ? qui ne peut plus absorber d'oxygène. La limite réglementaire de présence de nitrates dans l'eau est de 50 mg/l. pour les nourrissons, certains pédiatres préconisent une limite à 15 mg/l (**Bouziati, 2006**).

5.7. Rôles du potassium :

Ce minéral joue un rôle-clé la contraction des muscles et du cœur, mais aussi dans la transmission de l'influx nerveux, et aussi le fonctionnement neuromusculaire.

Le potassium participe également au bon fonctionnement des reins, et des glandes surrénales qui régulent le stress et la production d'énergie.

➤ Carences en potassium :

La carence en potassium coïncide généralement avec un niveau trop important de sodium car ces deux minéraux sont en équilibre dans l'organisme. Elle est aussi souvent corrélée avec un manque de magnésium et les signes correspondants se recourent : faiblesse musculaire et fatigue. Une carence vraiment importante peut avoir des conséquences digestives, musculaires ou cardiaques éventuellement graves comme des paralysies musculaires ou des troubles du rythme cardiaque.

➤ Surdose en potassium :

Dans une alimentation normale, l'excès de potassium s'élimine dans les urines. En revanche, dans des cas extrêmes de déshydratation, de mauvaise utilisation de diurétiques ou d'injection de potassium en intraveineuse, les effets sont très toxiques pour le cœur, pouvant même entraîner l'arrêt cardiaque (**Bouziati, 2006**).

5.8. Rôles du sodium :

Ce sel minéral permet de maintenir l'équilibre hydrique du corps. En collaboration avec d'autres sels comme le bicarbonate et le chlore, il participe aussi à l'équilibre acido-basique qui donne au sang un PH stable.

Il intervient aussi dans la transmission de l'influx nerveux et la contraction musculaire.

Enfin le sodium intervient dans le passage du sucre et d'autres nutriments du sang vers l'intérieur des cellules.

➤ **Carences en sodium :**

Les carences sont rares mais peuvent apparaître au cas de gastro-entérite par exemple, due à la déshydratation provoquée par les vomissements excessifs, les diarrhées ou la sudation. Un manque de sodium provoque des nausées, des crampes musculaires ainsi qu'une déshydratation. A long terme avoir peu de sodium dans le sang conduit à de l'hypotension.

➤ **Surdose en sodium :**

Quand il est consommé en trop grande quantité, le sodium a des répercussions importantes sur le système cardiovasculaire. Il peut provoquer ou empirer des maladies comme l'hypertension artérielle ou une insuffisance cardiaque ou rénale. (Bouziyani, 2006).

5.9. Rôles des sulfates :

Les sulfates représentent la source majeure de soufre, un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau des ongles, des cheveux, et des hormones comme l'insuline. Sans lui ces molécules n'ont pas la bonne forme et ne peuvent pas fonctionner. Il entre également dans la composition de certaines vitamines, du cartilage, des tendons et des os. Par ailleurs, les sulfates accélèrent le transit intestinal.

➤ **Carences en sulfates :**

Une carence en soufre provoque souvent un ralentissement de la pousse des cheveux et des ongles. Un manque de soufre augmente aussi la vulnérabilité à l'infection car les échanges entre cellules sont moins bien assurés. Les personnes ayant choisi un régime végétarien sont souvent à risque de carence en soufre.

➤ **Surdose en sulfates :**

Le soufre est éliminé par les urines, mais au-delà de 200 mg/l il peut provoquer des diarrhées chez les nourrissons (Doctissime) (Bouziyani, 2006).

1. Objectif de l'étude :

Notre travail consiste d'une part à déterminer les différents paramètres physico-chimiques des eaux thermales et les eaux de sources prélevées dans la région de Saïda, et de faire en d'autre part un sondage sur l'impact thérapeutique les eaux thermales sur certaines maladies.

2. Présentation de la région de l'étude :

2.1. Situation géographique :

La Wilaya de Saïda est située dans les Hauts-Plateaux Ouest du pays.

Elle est limitée :

- à l'Est par les wilayas de Tiaret et Relizane;
- à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbès;
- au Nord par les wilayas d'Oran et de Mostaganem;
- et au Sud par la wilaya de Saïda.

Le Chef lieu de la Wilaya est située à **432 km** à l'Ouest de la capitale, Alger.

La wilaya s'étend sur une superficie de **5 537 km²**.



Figure 9. Situation de la wilaya da Saïda.

2.2 Géologie :

Selon Lucas (1952), le territoire de la wilaya de Saïda est constitué essentiellement de terrains secondaires généralement de grés Jurassiques et Crétacés à dureté variable suivant le degré de consolidation de même que des couches calcaires, marneuses ou dolomitiques. Les dépressions et les vallées sont recouvertes de terrains d'origine continentale (Fluviales et éoliens) d'âge tertiaire souvent indifférencié (Mio-Pliocène) et Quaternaire de manière étendue. Une formation plus ou moins épaisse de strate rougeâtre, sablo-argileuse d'âge tertiaire ou un recouvrement de croûte calcaire y est rencontrée de façon variable, Cet encroûtement représente une fossilisation de la surface topographique constituée par des alluvions tertiaires continentales.

La succession stratigraphique et lithologique est représentée par des formations allant du Primaire au Quaternaire avec toutefois des lacunes stratigraphiques de même que des variations latérales de faciès et d'épaisseurs (**Labani, 2005**).

2.3 Climat

Semi-aride, le climat dans la région de Saïda est sec et chaud en été et froid en hiver. La moyenne pluviométrique dans la Wilaya est d'environ 348 mm/an. La température varie de -7 ° C au mois de décembre à 46 ° C au mois de juillet.

2.4 Stations thermales:

La wilaya est caractérisée par la qualité de ses eaux minérales et thermales. Ces dernières sont actuellement sous-utilisées au niveau des stations thermales:

- * Hammam Rabbi "11km de Saïda", (3 litres/secondes à 40C°),
- * Sidi Aïssa "14km de Saïda", (7 litres/secondes à 47C°),
- * Aïn Skhouna "80km de Saïda: (500 litres/secondes à 50C°).

Les vertus thérapeutiques de ces eaux thermales permettent de traiter les pathologies relevant de la rhumatologie, de la dermatologie et de la pneumologie.

2.4.1 Situation Géographique De Hammam Rabi :

Hammam Rabi est située à 10 km du chef lieu de la Wilaya de Saïda, sur l'axe routier menant vers Oran.

Son site verdoyant ainsi que son micro climat tempéré lui confèrent une réputation de lieu privilégié pour le repos, la détente et la remise en forme. Il s'étend sur une superficie de plus d'un hectare dont 3.040.M² de surfaces bâties.

2.4.2 Situation Géographique de Hammam Sidi Aissa :

Il est situé à 13 km au nord du chef-lieu de la wilaya, et à 2 km de hammam Rabbi. Hammam sidi Aissa offre à ses visiteurs des caractéristiques thérapeutiques grâce à ses eaux thermales sortant à une température de 44 à 50°C avec un débit de 7 l/s, Le Hammam compte 2 salles de bains (H/F) avec 54 cabines, et ses eaux thermales sont favorables pour traités les affections rhumatismales chroniques, et certaines maladies de la peau.

2.4.3 Situation Géographique De Hammam Ain Skhouna :

Ain Skhouna est située à une centaine de kilomètres au sud-est des confins steppiques du chef-lieu de la wilaya de Saïda, cette source séculaire à grand débit a été à l'origine de l'implantation de la localité qui porte aujourd'hui le même nom. .

3. Prélèvement et échantillonnage :

3.1. Échantillonnage :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté .L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau .Il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques.

3.2. Matériel de prélèvement :

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. Il faut employer de flacons neufs en verre borosilicate de préférence bouchés à l'émeri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenu pendant une (1) heure dans l'eau distillée puis séchés.

3.3. Mode de prélèvement :

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'un robinet, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10mn.

Au moment du prélèvement, pour l'analyse chimique, les flacons seront de nouveau rincer trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

3.4. Transport :

D'une façon générale, le transport est effectuée à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes ce qui permet d'assurer une conservation satisfaisante. Dans les eaux ayant subi une désinfection au chlore, cet oxydant peut être éliminé par de petites quantités de thiosulfate de sodium introduit dans le deuxième cas avant la stérilisation du flacon de prélèvement.

5.5. Point de prélèvement :

Les échantillons d'eau analysés concernent :

Le prélèvement des eaux thermales :

La campagne de prélèvement a été effectuée en mars 2016 et comporte 3points de prélèvements au niveau de eaux de régions de source de :

- Hammam Rabi
- Hammam Sidi Aissa
- Et Hammam Sekhona

Eau de source :

La campagne de prélèvement a été menée le mois de mars 2016, la désignation des points de prélèvements comporte 03échantillon prélevés au niveau des eaux thermales de :

- La Commune De Hammam Rabi
- La Commune De Sidi Aissa
- La Commune d'Ain Sekhona

4. Analyses physico-chimiques :

4.1. Analyses physiques :

Le multi paramètre est un appareil qui mesure les paramètres suivants : (Température, pH, conductivité, salinité, taux des sels dissous, oxygène dissous et potentiel redox)

4.1.1. Mesure de la température :

Principe : Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissolution des sels dissous (sur la conductivité), dans la détermination du PH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. **(Rodier, 1984)**

Mode opératoire :

Plonger le thermomètre dans la bouteille d'eau à analyser pendant 5 minutes et la mesure doit être effectuée sur le terrain.

Matériels :

Thermomètre, PH -mètre ou multi paramètre.



Figure 10. PH -mètre

4.1.2. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) :

Principe :

Le pH est une mesure que l'on doit effectuer le plus fréquemment. Il est relié à la teneur en ions H^+ et aussi à l'acidité et l'alcalinité de l'échantillon. **(Rodier, 1984)**

Mode opératoire :

- Brancher le PH-mètre, le laisser se stabiliser pendant quelques minutes et installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil.
- Etalonner l'appareil à l'aide d'une solution tampon. Ensuite rincer l'électrode avec de l'eau distillée avec l'échantillon à analyser.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser et lire la valeur du PH.
- Après chaque détermination du PH on retire l'électrode on la rince et on la trempe dans de l'eau distillée.

4.1.3. Mesure de la conductivité électrique :

Principe :

La mesure de la conductivité électrique est l'une des plus simples et plus importantes pour le contrôle de la qualité des eaux, on peut classer les eaux selon leur conductivité, si celle-ci est :

- Inférieure à 100 Ms/cm ; l'eau a une conductivité très faible.
- Comprise entre 200 et 300,33 Ms/cm ; l'eau a une minéralisation moyenne.
- Comprise entre 333,33 et 666,66 Ms/cm ; l'eau a une minéralisation importante.
- Supérieur à 1500 Ms/cm ; l'eau a une minéralisation excessive. **(Rodier, 1984)**

4.1.4. Salinité (SAL) :

Principe :

La compensation thermique est assurée par une thermistance montée dans un circuit comprenant des enroulements reliés aux transformateurs. **(Rodier, 1984)**

Mode opératoire :

Amener les échantillons inconnus à température ambiante et effectuer les mesures dans la cellule.

Dans le cas où la température de l'échantillon différerait de celle de l'eau de mer normale, effectuer une correction de température au moyen des tables de correction de température-conductivité.

4.1.5. Mesure de la turbidité :

Principe :

Il existe deux types de méthodes de mesure de la turbidité basées sur deux phénomènes physiques distincts ; l'effet TYNDALL et les phénomènes d'absorption lumineuse.

L'effet tyndall : un liquide turbide s'éclaircit lorsqu'il est traversé par un faisceau lumineux, par diffraction par les particules en suspension, et l'intensité de la lumière diffractée est proportionnelle à la fréquence des particules. **(Rodier, 1984)**

Mode opératoire :

Remplir une cuvette de mesure propre (essuyer avec du papier hygiénique l'extérieur) avec l'échantillon à analyser bien homogénéiser et effectuer rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

Matériel :

Le matériel utilisé est turbidimètre (figure) :



Figure 11. Le turbidimètre

4.2. Analyses chimique (Titrimétriques) :**4.2.1. Titre alcalimétrique (T.A) :**

Permet de connaître la teneur en hydroxyde (OH^-), la moitié de la teneur en carbonates CO_3^{2-} et un tiers environ des phosphates. **(Rodier, 1984)**

Principe :

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré. (Titrage avec une burette du H_2SO_4 N/50).

Mode opératoire :

Prélever dans un bécher 100 ml d'eau à analyser, ajoute 1 à 2 gouttes de phénophtaléine s'il y a changement de couleur (rose) ça veut dire présence de carbonate, et si la couleur ne change pas ça veut dire que l'eau est bicarbonatée.

4.2.2 Titre alcalimétrique complet (TAC) :

Correspond à la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- . Pour des PH inférieure à 8,3 la teneur en ions OH^- et CO_3 est négligeable ($\text{TA}=0$), dans ce cas la mesure du T.A.C correspond au dosage des bicarbonates seuls. **(Rodier, 1984)**

Les bicarbonates sont dosés par un acide fort en présence d'un indicateur.

Mode opératoire :

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il y a eu de coloration, ajouter 2 à 3 gouttes des solution de méthyle orange disposer un barreau magnétique dans le bécher, mettre ce dernier sur l'agitateur au dessous de la burette contenant du H_2SO_4 (N/50), laisser couler goutte à goutte à l'obtention de la couleur jaune orangée à un PH=4,3 on utilisant le PH mètre.

$$TAC = (V-0,5) \text{ °F ou le } V = \text{Volume du } H_2SO_4 \text{ (N/50)}.$$



Figure 12. Dosage de TAC

4.2.3. Dureté totale (TH) :

La dureté de l'eau ou titre hydrotimétrique est une mesure globale de la concentration en sels dissous de l'eau en calcium et en magnésium. (**Rodier, 1984**)

En excès, les sels dissous de l'eau forment un composé insoluble avec le savon qui perd ainsi une partie de son pouvoir détersif et ne mousse plus que difficilement.

Mode d'opératoire :

100 ml d'eau à analyser +1 ml de solution tampon (9,5_10) PH + quelque graines de NET (noir Eriochromet) on obtient une couleur rouge violet titrés avec E.D.T.A (acide éthylène diamine tétra étique N/50) jusqu'à obtention de la couleur bleu.



Figure 13. Dosage de TH

4.2.4 Titre calcique (Tca^{+2}) :

Principe :

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA a un pH compris entre 12 et 13 l'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet. **(Rodier, 1984)**

Mode opératoire :

100 ml de l'eau a analyser + 4 ml solution Hydroxyde de Solution + Murexide.

Couleur :

Rose → titrer a EDTA 0,02 N violet



Figure 14. Dosage de Tca^{+2}

4.2.5. Calcium (Ca⁺⁺) :

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates.

Composant majeur de la dureté de l'eau, le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme de sulfates.....etc. (**Rodier, 1984**)

Mode opératoire :

100 ml d'eau à analyser, rajouter la solution saturée de NAOH (jusqu'à PH-10), l'indicateur murixide, titre à PEDTA N/50 jusqu'à obtention de la couleur rose au violet.

4.2.6. Magnésium :

Le magnésium est un élément plus répandu dans la nature, il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. A partir d'une concentration de 100 mg/l et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un gout désagréable à l'eau. (**Rodier, 1984**)

Mode opératoire :

(Méthode de calcule).

$$X = \text{Ca}/40 \times 100 \quad \Longrightarrow \quad T(\text{Mg}) = y \times 0,243$$

$$Y = (10 \times \text{TH}) - X$$

Dureté magnésienne :

$$\text{TH}_{\text{totale}} (\text{meq/l}) = \text{TH}_{\text{Ca}} + \text{TH}_{\text{Mg}} \quad \Longrightarrow \quad \text{TH}_{\text{Mg}} = \text{TH}_{\text{Totale}} - \text{TH}_{\text{Ca}}$$

On détermine la valeur du magnésium dans l'eau à analyser a partir de la dureté

$$\text{TH}_{\text{Mg}} \text{mgCaCO}_3/\text{l} = (\text{Mg})/2,4 \quad \Longrightarrow \quad (\text{Mg}) \text{ mg/l} = \text{TH}_{\text{Mg}} \times 2,4$$

4.2.7. Détermination des chlorures (CL) :

Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations variables, ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation à travers des terrains salés.
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatique.
- Activités humaines et industrielles.

Une présence excessive de chlorures dans l'eau la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation du chlorure dans le temps peut être considérée comme indice de pollution. (Rodier, 1984)

Mode opératoire :(méthode de mohr)

Mettre dans un bécher 100 ml d'eau à analyser ajouter 2 à 3 gouttes de solution chromates de potassium à 10% (K_2CrO_4) mettre le barreau magnétique, déposer ensuite le bécher sur l'agitateur et titrer avec $AgNO_3$ N/10 jusqu'à obtention la couleur teinté rougeâtre qui doit persister 1 à 3 mm.

Expression des résultats

$$(Cl^-) \text{ mg/l} = v_{AgNO_3} \times X$$



Figure 15. Dosage de chlorures (CL)

4.3. Analyses spectrométrique :

4.3.1. Dosage de fer :

Principe :

Après oxydation en milieu acide le fer est réduit a l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donné par les sels ferreux avec la Phénanthroline 1,10. (Rodier et Coli, 2005).

Préparation de réactif :

➤ Solution (I) :

- Acétate d'ammonium $\text{CH}_3\text{COOHNH}_4$... 40 g.
- Acide acétique cristallisable CH_3COOH ... 50 ml.
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

➤ Solution (II) :

- Chlorhydrate d'hydros lamine $\text{NH}_2\text{OH} - \text{HCl}$... 10g.
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

➤ Solution (III) :

- Phénanthroline ... 0,50g.
- Acide chlorhydrique HCl ... 2 goutes.
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

Mode opératoire :

- (50 ml E . D + 1 ml solution (I) + 2 ml solution (II) + 2 ml solution (III)) témoinblen.
- 50 ml d'eau à analyser +2 ml solution (II) + 2 ml solution (II) + 2 ml solution (III).
- La lecture est effectuée après avoir conservé les fioles à l'obscurité pendant 15 min.

4.3.2. Dosage de nitrate :

Principe :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paraître salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrie. (**Rodier et Coli, 2005**).

Préparation des solutions :

➤ **Solution (I) :**

- Salicylate de sodium ... 0,25 g.
- Eau distillée ... qsp 50 ml.

➤ **Solution (II) :**

- Hydroxyde de sodium NaOH ... 400 g.
- Tartrate double de sodium et de potassium ... 60 g.
- Eau distillée ... qsp 1000 ml.

Mode opératoire :

- 10 ml Eau distillée + 1 ml solution (I) « témoin ».
- 10 ml Eau distillée + 1 ml solution (I).

Après le séchage dans l'étuve, on laisse refroidir.

4.3.3. Dosage de phosphate :

Principe :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium les athophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide exoréique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique, certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium. (**Rodier et Coli, 2005**).

Préparation des solutions :

➤ **Solution (I) :**

Acide sulfurique 5 N.

➤ **Solution (II) :**

Solution molybdate d'ammonium a 4% ... 4g → 100ml E.D.

➤ **Solution (III) :**

Solution d'acide oxalique ... 1,76 g → 100ml E.D.

➤ **Solution (IV) :**

Solution d'émétique (tartrate double de sodium et de potassium) 0,274g 100 ml

Mode opératoire :

- 20 ml E.D + 4 ml réactif S_T (témoin).
- 20 ml d'eau à analyser + 4 ml réactif S_T.
- La lecture est effectuée après 20 min dans un spectrophotomètre à

Longueur d'ordre de 690nm.

4.3.4. Dosage de sulfate :

Principe :

Les ions SO₄²⁻ sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement. (Rodier et Coli, 2005).

Préparation stabilisante :

- Acide chlorhydrique (c) ... 60 ml.
- Ethanol ... 200 ml.
- Chlorure de sodium ... 150 g.
- Glycérol ... 100 ml.
- Eau distillée ... qsp 1000 ml.

Solution de chlorure de baryum :

- Chlorure de baryum ... 150 g.
- Acide chlorhydrique ... 5ml.
- Eau distillée ... qsp 1000 ml.

Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml E.D.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Ajouter énergiquement pendant 1 min.
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420 \text{ nm}$.

4.3.5. Dosage de l'ammonium :

Principe :

En milieu alcalin et en présence de nitre prussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. (Rodier et Coli, 2005).

➤ Solution (I) :

- Salicylate de sodium $C_7H_5O_3Na$... 13 g.
- Citrate tri sodique déshydraté $C_6H_5O_7Na_3$... 13 g.
- Nitroprussiate de sodium $(Fe(CN)_5NO)Na_2 \cdot 2H_2O$... 0,097 \approx 0,1 g
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

➤ Solution (II) :

- Hydroxyde de sodium NaOH ... 3,2 g.
- Dichlorosocyanurate de sodium ... 0,2 g.
- Eau distillée ... qsp 100 ml.

Mode opératoire :

- 40 ml E.D + 4 ml solution (I) + 4 ml solution (II) + 2 ml E.D (témoin).
- 40 ml d'eau à analyser + 4 ml solution (I) + 4 ml solution (II) + 2 ml E.D.
- Garder les fioles dans un bain marie à 25 °C pendant 1h et mesurer ensuite à longueur d'ordre de 655 nm avec le spectrophotomètre.

5. Traitement statistique :

Les résultats ont subi tout d'abord une analyse de variance mono factuelle en randomisation puis une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de Newman et seuls .le logiciel utilisé pour l'étude statistique est le stat box.

Résultats et discussion

1. Résultats

1.1. Eaux de source :

La qualité physico-chimique des eaux de source prélevées dans la région de l'étude à savoir la Wilaya de Saida est illustrée dans le tableau joint (**Tableau 6**).

Tableau 6. Qualité physico-chimique des eaux de source prélevées dans la wilaya de Saida- Algérie

Mesures	Eaux de source			Effet région	Normes
	Hammam Rabbi	Sidi Aissa	Ain Skhouna		
pH (-Log H ⁺)	7,8 ± 0,17	8,1 ± 0,1	7,98 ± 0	NS	6,5 à 9
T (°C)	17,33 ^a ± 0,16	17,37 ^a ± 00,06	13,7 ^b ± 0,00	**	25
Conductivité (μ/sm à 20 °C)	838,67 ^c ± 2,52	939,33 ^b ± 12,7	2310 ^a ± 0	**	2800
Salinité (%)	1,2 ^b ± 0	1,8 ^a ± 0,00	1,1 ^b ± 0,002	*	3
O ₂ dissout	9,35 ^a ± 0,55	7,73 ^b ± 0,26	3,57 ^c ± 0,006	**	4 à 9
Turbidités(NTU)	0,71 ^a ± 0,1	0,60 ^b ± 0,15	0,53 ^c ± 0,007	**	5
TH (F°)	41,7 ^c ± 0,6	44 ^b ± 0	62 ^a ± 1,73	**	500
TCa ⁺² (°F)	19,07 ^c ± 0,12	19,33 ^b ± 0,12	41,67 ^a ± 0,58	**	75 à 200
TAC (°F)	27 ^a ± 0	26,13 ^b ± 0,13	17 ^c ± 0	**	150
CL ⁻ (mg /l)	56,8 ^c ± 0	72,42 ^b ± 1,42	435,47 ^a ± 4,1	**	500
Mg ⁺ (mg /l)	54,92 ^a ± 1,29	58,48 ^a ± 0,28	49,41 ^b ± 3,72	**	30à60
Ca ⁺² (mg /l)	76,41 ^c ± 0,46	79,9 ^b ± 0,46	167 ^a ± 2,3	*	200
TDS (mg /l)	452,78 ^c ± 1,52	507,24 ^b ± 6,86	1247,4 ^a ± 0,00	**	150à500
HCO ₃ ⁻ (mg /l)	329,4 ^a ± 0	322,08 ^a ± 6,46	207,4 ^b ± 0	**	300à500
Sulfate (mg /l)	27,1 ^b ± 0,1	59,8 ^a ± 0,06	26,27 ^c ± 0,15	**	400
Nitrate (mg /l)	9,29 ^a ± 0,01	0,352 ^c ± 0,002	19,5 ^c ± 0,015	**	50
Ammonium (mg /l)	0,02 ^c ± 0,00	0,05 ^b ± 0,00	0,1 ^a ± 0,002	*	00,5

T° : Température ; NS : Effet non significatif du facteur étudié Région ; * : Effet significatif de la région de l'étude ; ** : Effet hautement significatif de la région de l'étude ; a, b, c : comparaison statistique entre les valeur moyennes ; TH : titre hydrique ; TAC : titre de l'alcalinité complète ; T Ca²⁺ : titre calcique ; TDS : taux dissout de solutés ; (°F) : degré français.

Résultats et discussion

Il est remarqué que la valeur de pH est relativement plus élevée dans les échantillons d'eau de source de Sidi Aissa par rapport à ceux de hammam Rabbi et d'Ain Skhouna ($p > 0,05$).

La température de l'eau de source d'Ain Skhouna est la moins élevée que hammam Rabi et Sidi Aissa avec un effet hautement significatif ($p < 0,01$). De même pour la conductivité ou Ain Skhouna se démarque nettement de celle de ($p < 0,01$) Sidi Aissa et de hammam Rabbi.

L'eau de la commune de Sidi Aissa est plus riche en sels que hammam Rabbi et Ain Skhouna ($p < 0,05$) ; 1,8 vs 1,2 vs 1,1 %.

La turbidité de l'eau de source prélevée à Ain Skhouna est significativement ($p < 0,01$) plus prononcée que l'eau de source des régions de Hammam rabbi et celle de Sidi Aissa. 0,53 vs 0,71 vs 0,60 % NTU.

Par ailleurs la qualité d'oxygène dissout dans l'eau de source d'Ain Skhouna (3,57mg/l) est significativement ($p < 0,01$) plus faible que celle de Sidi Aissa (7,73 mg/l) et de hammam rabbi (9,35 mg/l).

Le TH et le Tca^{+2} sont nettement plus augmentés ($p < 0,01$) dans l'eau de source d'Ain skhouna par rapport à celle de Hammam Rabbi et de Sidi Aissa.

L'eau de source de la Commune de Sidi Aissa est plus riche en Mg^{2+} que celle de Hammam Rabbi et l'eau de source d'Ain skhoune ($p < 0,01$) ; 54,92, 58,48 et 49,41mg /l, en moyenne, respectivement.

Les valeurs en TDS et en nitrate retrouvées dans l'eau de source d'Ain Skhouna sont remarquablement ($p < 0,01$) plus considérables que celles des deux autres sources.

L'eau de source de la Commune de Sidi Aissa s'avère plus riche en sulfate et ammonium par rapport à l'eau de source de Hammam Rabbi et d'Ain Skhouna ; elle de note un effet hautement significatif ($p < 0,07$).

Les fortes concentrations en HCO_3^- sont décelées dans l'eau de source de Hammam rabbi (329,4 mg /l) ; alors que des teneurs inférieures ($p < 0,01$) ont été enregistrées dans les eaux de source de Sidi Aissa (322,08 mg /l) et d'Ain Skhouna (207,4 mg /l).

Résultats et discussion

1. 2. Eaux thermales :

La qualité des eaux thermales des régions de hammam rabbi, sidi Aissa et Ain skhouna sises dans la wilaya de Saida est représentée dans le (Tableau 7).

Tableau 7. Qualité physico-chimique des eaux thermales prélevées dans la wilaya de Saida – Algérie.

Mesures	Eaux thermales			Effet région	Normes
	Hammam rabbi	Sidi aissa	Ain skhouna		
PH	7,28 ^a ± 0,13	7,14 ^b ± 0,01	8,11 ^c ± 0	**	6,5 à 8,5
T (C°)	17,37 ^b ± 0,4	17,9 ^a ± 0	13,9 ^c ± 0	**	50
Conductivité (µ/sm à200c)	2440 ^b ± 0,00	3503,33 ^a ± 5,77	2250 ^c ± 0	**	2800
Salinité (%)	1,2 ^b ± 0	1,8 ^a ± 0	1,1 ^b ± 0,01	*	3
O₂ dessous (Mg/l)	3,66 ^a ± 0,237	3,28 ^c ± 0,14	3,67 ^a ± 0,01	NS	4à9
Turbidités (%NTU)	0,5 ^b ± 0,15	1,64 ^a ± 0,015	0,53 ^c ± 0,58	**	5
TH (°F)	64,33 ^a ± 1,53	100 ^a ± 1,73	61,67 ^c ± 0,58	**	500
TCa⁺² (F°)	49,67 ^b ± 0,58	78,67 ^a ± 0,58	41,33 ^c ± 0,58	**	200
TAC (°F)	21,33 ^b ± 0,58	21,5 ^a ± 0,3	17 ^c ± 0	**	150
CL⁻ (mg /l)	390,5 ^c ± 0	574,25 ^a ± 3,93	411,8 ^b ± 0	*	700
Mg²⁺ (mg /l)	35,64 ^c ± 2,806	52,65 ^a ± 2,806	49,41 ^b ± 2,806	**	50
Ca⁺² (mg /l)	199,063 ^b ± 2,32	315,3 ^a ± 2,32	165,67 ^b ± 2,309	**	150
TDS (mg /l)	2937,6 ^a ± 0	1891,8 ^b ± 3,19	1215 ^c ± 0	**	600
HCO₃⁻ (mg /l)	260,28 ^b ± 7,044	262,3 ^a ± 3,67	207,4 ^c ± 0	**	600
Sulfate (mg /l)	112,4 ^a ± 0,2	112,3 ^a ± 0,1	109,2 ^a ± 0	**	400
Nitrate (mg /l)	0,40 ^c ± 0,001	4,187 ^b ± 0,172	44,13 ^a ± 0,153	**	50
Ammonium (mg /l)	0,023 ^b ± 0	0,02 ^b ± 0	0,037 ^a ± 0,004	*	0,5

T° : Température ; NS : Effet non significatif du facteur étudié Région ; * : Effet significatif de la région de l'étude ; ** : Effet hautement significatif de la région de l'étude ; a, b, c : comparaison statistique entre les valeur moyennes ; TH : titre hydrique ; TAC : titre de l'alcalinité complète ; T Ca²⁺ : titre calcique ; TDS : taux dissout de solutés ; (°F) : degré français.

Résultats et discussion

L'eau thermale de Sidi Aissa accuse des valeurs de T° , conductivité, turbidité, TH, TAC, Cl^{-} , Ca^{+} , Mg, HCO_3 et salinité plus élevées par rapport à ceux de hammam Rabi et Ain skhouna ; avec des écarts hautement significatifs ($p < 0,01$).

Quant aux valeurs de pH, O_2 dissout, Nitrate et niveaux d'ammonium ils s'avèrent nettement plus augmentées ($p < 0,01$) dans l'eau thermale de Ain skhouna par comparaison à celle de hammam Rabbi et celle de Sidi Aissa.

Pour le TDS et les sulfates les teneurs enregistrées sont plus appréciables dans l'eau de hammam rabbi que celle d'Ain Skhounaa et de Sidi Aissa ayant enregistré de faible ($p < 0,01$) résultats.

Résultats et discussion

2. Discussion

La température est un facteur important dans l'environnement des courts d'eau, des eaux de forage et des rivières, des eaux des nappes et de barrage et surtout les eaux aquatiques. Au faite, elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques (**Chapman et al., 1996**).

Les températures des eaux de source recensées dans les trois régions de l'étude démontrent de grandes variations et ceci d'une source considérée à une autre ($p < 0.01$) ; avec un seuil minimum de 13.9°C à Ain Skhouna et un maximum de $17,9^{\circ}\text{C}$ à Hammam Sidi Aissa. Ces valeurs s'inscrivent pleinement dans l'intervalle des valeurs normales (25°C).

Concernant les eaux thermales, les températures mesurées concordent aux valeurs évaluées par certains auteurs (24) de l'ordre de $13,9^{\circ}\text{C}$ à Ain Skhouna, de $17,9^{\circ}\text{C}$ à Hammam Sidi Aissa et de $17,37^{\circ}\text{C}$ à Hammam Rabi.

Le pH influence la plupart des mécanismes chimique et biologique dans les eaux. D'après **Chapman et al. (1996)**, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles. Le pH diminue toutefois, en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est importante (**Meybeck et al., 1996**). Les valeurs de pH des eaux étudiées ne montrent pas une variation notable, avec un minimum de 7,8 dans l'eau de source de Hammam rabbi et une valeur maximale de 8,1 dans celle de Sidi aissa et des variations avec un minimum de 7,14 dans l'eau thermale de hammam sidi aissa et un maximum de 8,11 dans celle de hammam rabbi.

La conductivité électrique désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique et elle est déterminée par la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. Par conséquent, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau. Les valeurs des eaux de sources sont très variables avec un minimum de 838, 67 à hammam rabbi et un maximum de 2310 à Ain skhouna. Pour les eaux

Résultats et discussion

thermales, la conductivité minimale de 2250 est enregistrée à Ain skhouna et la valeur maximale de plus de 3503 à Sidi Aissa .

Le soufre est un élément non métallique qui existe à l'état naturel dans les sols et les roches sous forme organique (soufre protéique) et à l'état minéral (sulfures, sulfates et soufre élémentaire). Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, présent dans certains minéraux tels que le gypse et la baryte. La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre (**Peck et al. 1970; Smith, 1970**). Selon certains auteurs (**Delisle et al. 1977**), qui ont étudié les sulfates, ils ont constaté que les valeurs élevées de ce paramètre peuvent être observées dans les cours d'eau pollués, au niveau des zones de rejets industriels (**Delise et al. 1977; Greenwood et al. 1984**). Les valeurs de ce paramètre dans les eaux étudiées sont très raisonnables dans les deux types d'eaux et ne dépassent pas les normes variables de 200 à 400mg/l.

Les concentrations en calcium enregistrées au niveau des eaux étudiées (de source et thermale) n'ont pas dépassé les normes admises inscrites entre 75 et 200 mg/l (**JOR, 2013**).

Les concentrations en magnésium enregistrées au niveau des eaux étudiées sont comprises entre 49 à plus de 58 mg/l dans les eaux de sources et entre 35 à 52 mg/l dans celles des eaux thermales. L'eau thermale de hammam Rabi est pauvre au magnésium ; alors que les résultats des différentes autres eaux sont normaux et supérieurs à 50mg/l (**JOR, 2013**).

D'après les valeurs de TDS qui tiennent compte des taux de minéraux présents dans l'eau, il apparaît nettement que tous les essais d'eau thermale analysée sont pauvres en matière minérales ; avec des teneurs n'ayant guère dépassé 600 mg/l. En revanche, les résultats de TDS dans les eaux de source semblent normaux.

Résultats et discussion

La salinité varie entre 1,1 et 1,8 mg/l et ne dépasse pas la norme de 3%. Hsissou et al. (1996), Gouaidia et al. (2005 et 2006) et Kallergis (2005) ont montré que la salinité des eaux est contrôlée par les chlorures, le sodium et les sulfates. Les niveaux de chlorure et de sulfates retrouvés dans les échantillons de l'étude sont bas par comparaison aux valeurs normales.

Au faite, les eaux thermales et de source acquièrent leur composition chimique en profondeur par interaction avec la nature des roches carbonatées en contact avec les sédiments terrigènes salifères.

Conclusion

Au terme de cette étude expérimentale, il ressort que les eaux de source et thermales prélevées dans les régions de hammam Rabbi, Sidi Aissa et Ain Skhouna relevant de la wilaya de Saida- Algrie sont riches en différents éléments minéraux dont le Ca^{2+} , Cl^- et Mg^{2+} . Les teneurs enregistrées dans ces eaux sont tous conformes aux normes admises rapportées dans le Journal Officiel de la République Algérienne.

La commune de Sidi Aissa dispose d'une eau de source de meilleure qualité et conforme à la consommation humaine. C'est une eau dure, néanmoins, riche en principaux minéraux nécessaires au bien être humain.

L'eau thermale de hammam rabbi peut être caractérisée comme étant une eau thermale minérale au premier degré, car elle a révélée une grande richesse en principaux minéraux tels que le sulfate, chlorure et calcium par comparaison aux autres stations thermales sises à Sidi Aissa et à Ain Skhouna. L'eau de Sidi Aissa a montré, toutefois, une conductivité, des niveaux de TCa^{2+} et de TAC plus élevés par rapport aux autres sources thermales la qualifiant ainsi de plus dure.

En conséquence il s'avère que vue leurs richesse en éléments minéraux toutes les eaux de source ayant fait l'objet de l'étude conviennent à la consommation humaine. Cependant, une étude de la qualité microbiologique s'impose avant de les orienter définitivement à une utilisation domestique.

Quant aux eaux thermales qui s'avèrent aussi contenir de fortes proportions minérales ceci peut leurs conférer sans doute des vertus thérapeutiques intéressantes et servir de moyens thérapeutiques contre certaines maladies qu'il faut étudier en perspectives de recherche d'une manière très approfondie.

Références bibliographiques

Chapman d., kimstach v. (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed., E & FN Spon, London,59-126.

Delisle c.e., schmidt. j.w. (1977). The effect of sulphur on water and aquatic life in Canada. Sulphur and its inorganic derivatives in the Canadian environment, NRCC, N°15015, Centre National des recherches du Canada,

Dictionnaire de français d'hydrogéologie, 1977.

Dictionnaire de l'environnement AFNOR, 1994.

Dictionnaire de launay 1899.

Dictionnaire de paramelle 1856.

Greenwood n.n., earnshaw a. (1984). Chemistry of the elements,

Guigue.S et betier.G 1947 les sources thermo-minérales de l'Algérie.

J, Rodier, dunod 7 édition(1984), analyse de l'eau.

Jean rodier et coll, dunod paris (2005), l'analyse de l'eau eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^e édition.

Journal officiel de la république algérienne N°13 a publié le3 safar 1428-21 février 2007. Un décret relatif aux eaux thermales

Lanoix j, Roy ML Edition O.M.S (1976), (manuel de technicien sanitaire).

Meybeck m., friedrich g., thomas r., chapman d. (1996). Rivers, Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, 59-126.

Meybek M. (1984). Les fleuves et le cycle géochimique des éléments. Thèse de Doctorat d'état, Univ. Paris VI, ENSup., 506 p.

O.M.S, Volume 1 et 3, Genève, (1998), « directive de b qualité de l'eau de boisson destinée à l'approvisionnement des petites collectivités ». Ottawa.

Peck h.d. (1970). Sulphur requirements and metabolism of microorganisms, Pergamon Press, Oxford, UK. Proceedings of a symposium on sulphur in nutrition, D.H. muth & J.E. oldfields, Ari Publishing Co., Westport, CT.

Professeur Ouali (Alger 2001), « cours de procédés unitaires biologique et traitement des eaux », office des publications universitaires.

Rapport présenté par **Pierre delomenie** Inspecteur général des affaires sociales
Rapport n°2000119 Octobre 2000.

Roger Castell, La Bioélectronique Vincent, Editions Dangles, 2011, p.72-73

S.Ouali, 2008, les sources thermales en Algérie.

Smith r.i. (1970). The apparent water permeability of *Car-cinusmeanas* (Crustacea, Brachyura, Portunidae) as a function of salinity, Biol. Bull., 139, 351- 362.

Yves zardy (1986), le cycle de l'eau, climats, et géochimie globale. Masson Editeur, Paris.

Boyer M. Grenoble 2005 Le thermalisme dans le grand sud-est de la France. Presses universitaires de Grenoble.

Journal officiel de la République Algérienne N° 13 – Boughalali M, 2003, “Thermalisme et thalassothérapie en Algérie”, communication, Revue la Presse thermale et climatique 2003, pp 140,165.

Agence du bassin chleiff-zahrez, loi N°83-17 du 16 juillet 1983.

Jean-claude boeglin (10 janv. 2001), propriétés des eaux naturelles techniques de l'ingénieur, environnement G1110.

Décret exécutif N°4 du 15 juillet 2004, relatif à l'exploitation et à la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de sources, journal officiel de la république algérienne.

Moussaoui Hafedh El Watan,2009. Edition du 15 mai 2009

A. Djafri, A. L., Amar Fedjkhi , C. Berriah , K. O., Karim Dadci , M. Boumelih, M. Kali, M. S.(2009)

Agence national des eaux, 2004.

Liste des Abréviations

Abréviations

Significations

A.D.E

Algérienne des eaux

ANE

Agence national des eaux

CMA

Concentration maximale Autorisée

TH

Titre hydrométrie

EDTA

Ethyle-diamine-titra-acétique

TA

Titre alcalimètre

TAC

Titre alcalimètre Complete

Tca²⁺

Titre calcique

NTU

Unité néphélométrie de la turbidité

JOR

Journal officiel de la république

Annexe

Tableau 8. Fiche des résultats des analyses physico-chimique de hammam et commune d'Ain skhouna.

Paramètre	Commune d'Ain Skhouna			Hammam d'Ain Skhouna		
pH (unité de ph)	7,97	7,97	7,97	8,11	8,11	8,11
Température(T°)	13,7	13,7	13,7	13,9	13,9	13,9
Conductivité (μ/sm à200c)	2310	2310	2310	2250	2250	2250
Salinité(%)	1,1	1,1	1,1	1	1,1	1,2
O₂ Dessous	3,58	3,57	3,55	3,66	3,68	3,67
Turbidité(NTU)	0,453	0,571	0,577	0,601	0,525	0,478
TH (F°)	64	61	61	61	62	62
Tca⁺²(F°)	42	41	42	42	41	41
TAC (F°)	17	17	17	17	17	17
TA (F°)	00	00	00	00	00	00
cl⁻(mg /l)	440,2	433,1	433,1	411,8	411,8	411,8
Ca⁺(mg /l)	168,33	164,33	168,33	168,33	164,33	164,33
Mg (mg /l)	53,46	48,6	46,17	46,17	51,03	51,03
TDS (mg /l)	1247,4	1247,4	1247,4	1215	1215	1215
HCO³ (mg /l)	207,4	207,4	207,4	207,4	207,4	207,4
CO₃ (mg /l)	00	00	00	00	00	00
Sulfate (mg /l)	26, 3	26, 1	26, 4	109,2	109,2	109,2
phosphate(mg /l)	00	00	00	00	00	00
Nitrate (mg /l)	19,49	19,50	19,52	44,3	44,1	44
nitrite (mg /l)	00	00	00	00	00	00
Fer (mg /l)	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01
Ammonium (mg /l)	0,105	0,102	0,103	0,033	0,040	0,037

Annexe

Tableau 9. Fiche des résultats des analyses physico-chimique de hammam et commune Sidi Aissa.

Paramètre	Commune SIDI AISSA			Hammam SIDI AISSA		
pH (unité de ph)	8,22	8 ,02	8 ,08	7,15	7,14	7,13
Température(T°)	17,4	17,4	17,3	17,9	17,9	17,9
Conductivité (MS/UNà200C)	954	932	932	3500	3510	3500
Salinité(%)	0,4	0,4	0,4	1,8	1,8	1,8
O₂ Dessous	7,65	7,53	8,02	3,13	3,40	3,32
Turbidité(NTU)	0,424	0,655	0,695	1,66	1,64	1,63
TH (F°)	44	44	44	102	99	99
Tca⁺²(F°)	20	19,8	20	79	78	79
TAC (F°)	26	26,2	26,2	21,8	21,2	21,5
TA (F°)	00	00	00	00	00	00
cl⁻(mg /l)	73,84	71	72,42	569,72	576,52	576,52
Ca⁺(mg /l)	80,16	79,36	80,16	316,63	312,62	316,63
Mg (mg /l)	58,32	58,81	58,32	55,89	51,03	51,03
TDS (mg /l)	515,16	503,28	503,28	1890	1895,4	1890
HCO³ (mg /l)	317,2	319,64	329,4	265,96	258,64	262,3
CO₃ (mg /l)	00	00	00	00	00	00
Sulfate (mg /l)	59,8	59,8	59,7	112, 4	112, 2	112, 3
phosphate	00	00	00	00	00	00
Nitrate (mg /l)	0,354	0,350	0,352	5,54	3,50	3,52
nitrite (mg /l)	00	00	00	00	00	00
Fer (mg /l)	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01
Ammonium (mg /l)	0,0541	0,0540	0,0541	0,0200	0,0200	0,0201

Annexe

Tableau 10. Fiche des résultats des analyses physico-chimique de hammam et commune hammam Rabi.

Paramètre	Commune De Hammam Rabi			Hammam Rabi		
pH (unité de ph)	8,04	7,72	7,95	7,13	7,35	7,37
Température(T°)	17,5	17,2	17,3	17,30	17,8	17
Conductivité (MS/UNà200C)	841	836	839	2440	2440	2440
Salinité(%)	0,3	0,3	0,3	1,2	1,2	1,2
O₂ Dessous	8,72	9,55	9,77	3,46	3,59	3,92
Turbidité(NTU)	0,775	0,765	0,601	0,668	0,390	0,448
TH (F°)	42	42	41	66	63	64
Tca⁺²(F°)	19	19,2	19	50	49	50
TAC (F°)	27	27	27	21	22	21
TA (F°)	00	00	00	00	00	00
cl⁻(mg /l)	56,8	56,8	56,8	390,5	390,5	390,5
Calcium Ca⁺(mg /l)	76,15	76,95	76,15	200,4	196,39	200,4
Mg (mg /l)	55,89	55,40	53,46	38,88	34,02	34,02
TDS (mg /l)	454,14	451,14	453,06	2937,6	2937,6	2937,6
HCO³ (mg /l)	329,4	329,4	329,4	256,2	268,4	256,2
CO₃ (mg /l)	00	00	00	00	00	00
Sulfate (mg /l)	27, 2	27, 1	27	112,6	112,4	112,2
phosphate	00	00	00	00	00	00
Nitrate (mg /l)	9, 30	9, 28	9, 29	0,398	0,400	0,399
nitrite (mg /l)	00	00	00	00	00	00
Fer (mg /l)	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01	0, 01
Ammonium (mg /l)	0,0231	0,0230	0,0231	0,0234	0,0235	0,0235