

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 01

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département Agro-alimentaire



Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme de Master

En Nutrition, Diététique humaine

**Évaluation de la potabilité des eaux de quelques sources naturelles
(analyses physico-chimiques, composition en Sels minéraux et qualité
microbiologique).**

Réalisé par :

BENSAFIA Habiba HERIMI Hadjer

Devant le jury :

Dr BRAHIM M.	MCB	U.DJ.	Djelfa	Président
Dr AIT CHAOUCH F .	MCB	U.S.D.	Blida	Examineur
Dr KADRI F .	MCA	U.S.D.	Blida	Promotrice

Année Universitaire 2021-2022

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier :

- ❖ *En premier, Dieu, de nous avoir donné la force, le courage et la patience pour accomplir ce travail.*

- ❖ *Dr **KADRI F.**, d'avoir accepté de nous encadrer de la meilleure des manières, nous tenons à la remercier également pour ses conseils, et sa disponibilité de tous les instants.*

- ❖ *Dr **EBRAHIM M.**, d'avoir bien voulu accepter d'être la présidente de notre honorable jury.*

- ❖ *Dr **AIT CHAOICHE F-S.**, de nous faire l'honneur d'examiner notre travail et de l'évaluer à juste valeur.*

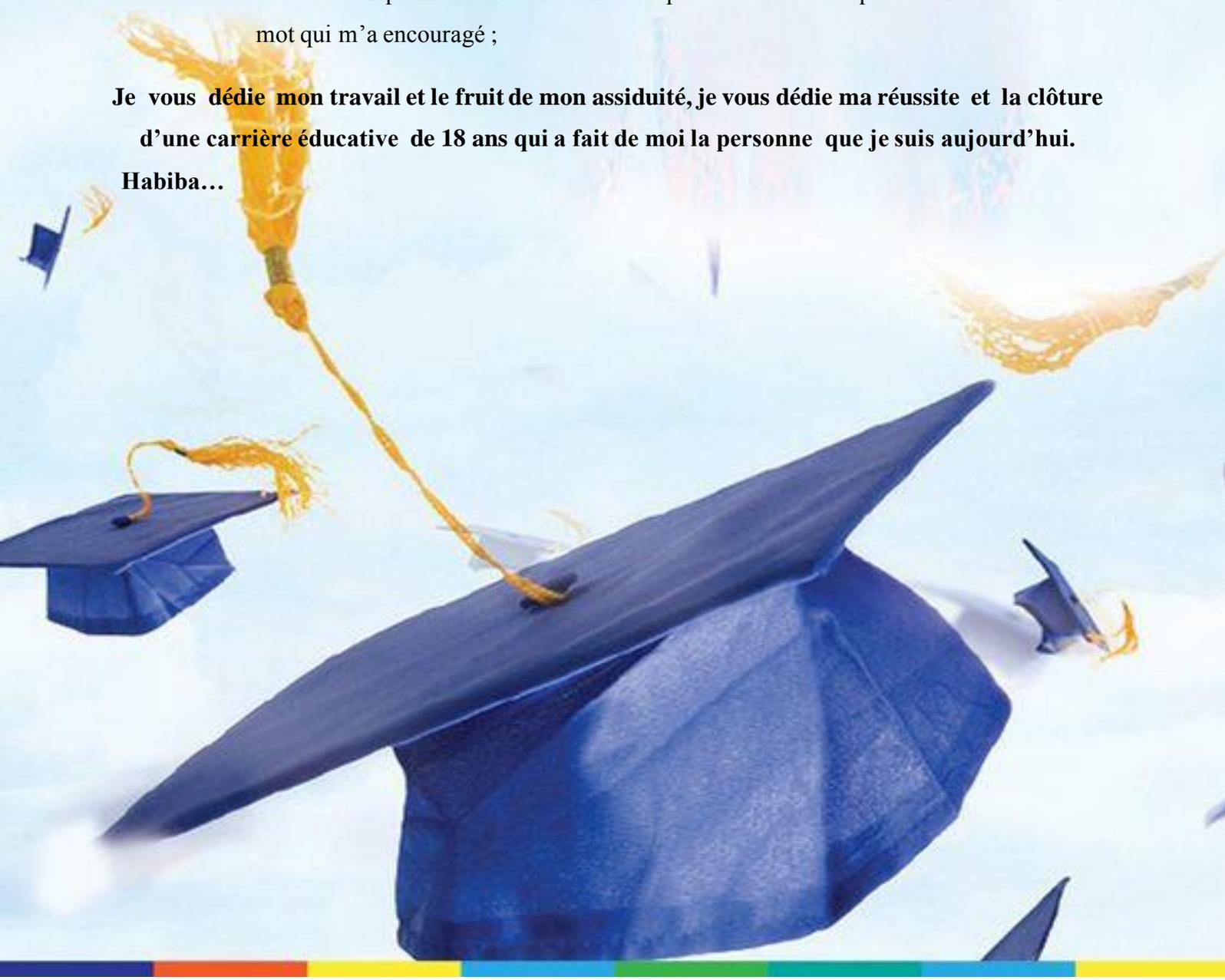
- ❖ *Au personnel du laboratoire de contrôle de qualité de l'entreprise **AQUASIM Mouzaia**, pour son accueil, sa gentillesse, sa disponibilité et son professionnalisme lors de notre passage dans leur unité de production.*

- ❖ *Au personnel du laboratoire d'**ANHR** Wilaya de Blida, pour son aide précieuse.*

« *Dédicace* »

- A ma merveilleuse et belle maman ;
- A l'âme pure de mon grand père, je suis ici aujourd'hui grâce à vos prières sincères, que dieu lui fasse miséricorde, j'espère que tu es fier de moi ;
- A l'âme de mon cher père, que dieu lui fasse miséricorde ;
- A ma belle grand-mère, merci pour tes prières et votre amour, que Dieu prolonge ta vie ;
- A mes sœurs : la fleur Jasmine, la belle Ahlem, l'élégante Fatima et sa fille princesse Maram ;
- A mon cher frère Kamal ;
- A mon binôme Hadjer et sa famille ;
- Aux amitiés les plus pures : Zahia, Soumia, Maryem, Naima, Assia , Nadia , Serine ;
- A tous ceux qui m'ont soutenu dans mon parcours académique même si avec un mot qui m'a encouragé ;

**Je vous dédie mon travail et le fruit de mon assiduité, je vous dédie ma réussite et la clôture d'une carrière éducative de 18 ans qui a fait de moi la personne que je suis aujourd'hui.
Habiba...**



« Dédicace »

Je dédie ce travail A

Mes parents, dont je suis fière, les deux personnes qui ont tout fait pour moi, Merci d'avoir toujours répondu présent pour moi. Que de sacrifices vous avez dû consentir pour mes études, pour que je sois celle que je suis aujourd'hui. Que Dieu vous donne longue vie et une bonne santé.

A Mes chères sœurs roko, soumia, amel.

A Mes frères Fares, Abdrahim, Bilel, Yamen Et Zaki.

A Mes belles sœurs Ahlem, Lamia, Wissem, Et Loubna.

A Mes chères amis Hiba, Djazia, Iman, sabrine, Amina, Amel, Faten, Sérine Et Sofia. que dieux garde notre amitié.

A Ma chère binôme Habiba ainsi que toute sa famille, je te souhaite beaucoup de succès dans ta vie.

Hadjer...

Résumé

Notre travail a été effectué au laboratoire AQUA SIM MOUZAIA, dont l'objectif de vérifier la potabilité des eaux de sources, Ain Moussa et TrabLahmer ainsi que l'eau de robinet, non exploitées et consommées par les citoyens de la même région. L'évaluation de leurs propriétés physico-chimiques et microbiologiques a été effectuée en comparaison avec les eaux minérales Ben Haroun et Mouzaiaqui sont régulièrement analysées au sein du même laboratoire.

Les résultats montrent que les eaux analysées sont d'une bonne qualité physico-chimique et obéissent aux normes du JORA et de l'OMS ; cependant, les eaux minérales naturelles Ben Haroune très riche en sels minéraux suivie de Mouzaia et Ain Moussa.

Les résultats de l'analyse bactériologique de tous les échantillons, montrent l'absence de germes pathogène. Donc elle peut être consommée sans aucun risque.

Les deux sources naturelles Ain Moussa méritent d'être exploitées.

Mots-clés : eaux, sels minéraux, source, normes.

Abstract

Our work was in the laboratory AQUA SIM MOUZAIA, with the objective of verifying the potability of spring water, Ain Moussa and TrabLahmer as well as tap water, not exploited and consumed by the citizens of the same region.

The evaluation of their physico-chemical and microbiological properties was carried out in comparison with the mineral waters Ben Haroun and Mouzaia which are regularly analyzed in the same laboratory.

The results show that the analyzed waters are of a good physico-chemical quality and obey the standards of JORA and WHO; however, the natural mineral waters Ben Haroune very rich in mineral salts followed by Mouzaia and Ain Moussa.

The results of the bacteriological analysis of all the samples show the absence of pathogenic germs. So it can be consumed without any risk.

The two natural springs Ain Moussa deserve to be exploited.

Key-words: water, mineral salts, source, standards.

ملخص

من أجل التحقق من صلاحية مياه الينابيع أجرينا تدريبنا في مختبر شركة AQUA SIM MOUZAIA لمياه عين موسى وتراب لحمر للشرب وكذلك مياه الصنوبر التي لا يستغلها ويستهلكها مواطنو المنطقة نفسها. وقد أجري تقييم لخصائصها الفيزيوكيميائية والمكروبيولوجية مقارنة بالمياه المعدنية لبن هارون وموزاية التي يجري تحليلها بانتظام في نفس المختبر. وتبين النتائج أن التي تم تحليلها ذات نوعية الفيزيوكيميائية جيدة وتتمثل لمعايير الوكالة الوطنية المشتركة للبحوث الزراعية ومنظمة الصحة العالمية، غير أن المياه المعدنية الطبيعية في بن هارون غنية جدا بالأملاح المعدنية تليها موزاية وعين موسى. تظهر نتائج التحليل البكتريولوجي عدم وجود الجراثيم المرضية حيث يمكن استهلاكها دون أي خطر. يستحق المنبعان الطبيعيان لعين موسى والتراب لحمر وماء الصنوبر لمنطقة الزاوية الإستغلال.

الكلمات المفتاحية : الماء، الأملاح المعدنية، المنبع.

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Sommaire	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	

CHAPITRE I : Généralité sur l'eau

Introduction.....	1
1. définition de l'eau	4
2. Cycle de l'eau.....	4
3. Ressource hydrique de l'eau	5
4. Le rôle de l'eau potable dans l'organisme.....	6
5. Les apports en sels eau dans l'organisme	7
6. Les critères de la qualité de l'eau	7
7. Les critères organoleptiques	8
8. Les critères physico-chimiques	8
9. Les critères bactériologiques	12
10. Les normes de l'eau potable	16

CHAPITRE II: MATERIELS ET METHODES

1. Matériel.....	20
1.1. Echantillons d'eau.....	20
1.2. Matériel de laboratoire.....	21
2. Méthodes	21
2.1. Echantillonnage et modes de prélèvement.....	21
2.1.1. Prélèvement pour les analyses physico-chimiques.....	21

2.1.2. Prélèvement pour les analyses bactériologiques	21
2.2. Analyses physico-chimiques.....	22
2.3. Analyses bactériologique.....	29

CHAPITRE III : RESULTATES E DUSCUSSION

1. Caractérisations physico-chimiques	39
2. Caractérisations bactériologiques.....	49
CONCLUSION.....	50
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.	
ANNEXES.	

Liste des tableaux

Tableau I.1	Les apports quotidiens recommandés pour le calcium, le phosphore, le magnésium, le sodium, le chlore et le potassium.....	7
Tableau I.2	Les normes de la qualité physico-chimiques des eaux potable.....	17
Tableau I.3	Les normes de qualité bactériologique des eaux potable.....	18
Tableau II.1	Prélèvements des échantillons analysés.....	20
Tableau II.2	Relation entre le titre hydrométrique d'une eau et sa dureté	24
Tableau .3	Grille simplifiée pour la classification des eaux	27
Tableau II.4	Résumant le mode opératoire des analyses microbiologiques	37
Tableau III.1	Variation de nitrate, nitrite et l'ammonium dans les eaux analysées.....	49
Tableau III.2	Résultats des analyses bactériologiques.....	49

Liste des figures

Figure I.1	Le cycle de l'eau.....	4
Figure I.2	Les coliformes totaux.....	13
Figure I.3	Les coliformes fécaux.....	14
Figure I.4	Les entérocoques.....	15
Figure I.5	Anaérobie sulféto réducteur.....	– 15
Figure I.6	<i>Pseudomonas aeruginos</i>	16
Figure II.1	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.....	31
Figure II.2	Recherche et dénombrement des entérocoques	33
Figure II.3	Recherche et dénombrement des anaérobie sulféto-réducteur.....	34
Figure II.4	Recherche et dénombrement des <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	36
Figure III.1	Variations de la température dans les régions étudiées.....	39
Figure III.2	variations du pH dans les eaux étudiées.....	40
Figure III.3	variations du TA.....	41
Figure III.4	variations du TAC.....	41
Figure III.5	Variations de bicarbonate des eaux étudiées.....	42
Figure III.6	variations du TH dans les eaux étudiées.....	43
Figure III.7	variation de calcium dans les eaux étudiées.....	44
Figure III.8	variation de magnésium des eaux étudiées.....	45
Figure III.9	variations de la salinité des eaux étudiées.....	46
Figure III.10	variations de la conductivité et TDS.....	46
Figure III.11	variations d'O ₂ des eaux étudiées.....	47
Figure III.12	variation de chlorure des eaux étudiées.....	48

LISTE DES ABREVIATION

°C: Degrés Celsius.

°F: Degrés français.

μ S : Micro siemens.

ES : Eau de source.

EMN : Eau minérale naturelle.

ADE : Algérienne des eaux.

AFNOR : Association française de normalisation.

ASR : Anaérobies sulfite-réducteurs.

***E.coli* :** Escherichia coli.

EDTA: Ethylène diamine tétra-acétique.

ISO: International Organization of Standardization.

JORA: Journal Officiel de la République Algérienne.

MZ: Mouzaia

BH: Ben Haroun

AM: Ain Moussa

TL: TrebLahmer

ER: Eau de Robinet

K10: (Solution NH₄⁺/ NH₃).

NA : Normes Algérienne.

NTU: Nephelometric Turbidity Unit.

O.D: Oxygène Dissout.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

PCA: Plate Count Agar.

PH: Le potentiel d'hydrogène.

TA: Titre Alcalimétrique.

TAC: Titre Alcalimétrique Complet.

TH: Titre Hydrométrique.

TTC: Chlorure de tri-phényltérazolium.

VF: Viande Foie.

UFC : Unité formant colonie

Introduction

La consommation de l'eau potable reste la meilleure façon de s'hydrater et on ne peut survivre pendant plus de deux jours sans eau (**OMS, 1977**). En effet, l'eau est la seule boisson indispensable à l'organisme, elle doit être conforme aux normes très strictes, qui fixent en particulier des valeurs limites qui ne doivent pas être dépassées pour un grand nombre de paramètres organoleptiques, physicochimiques et microbiologiques (**Nanfacket al., 2014**).

De point de vue diététique, l'eau est indispensable à nos cellules. Elle permet de s'hydrater, se rafraichir ou encore se purifier, s'enrichir de minéraux nécessaires à l'organisme. Elle sert à véhiculer les éléments nutritifs et à maintenir le fragile équilibre électrolytique à l'intérieur des cellules. A cet effet, il est indispensable d'avoir une eau saine (**Euzen, 2013 ; Taleb, 2005**).

Les eaux minérales et les eaux de sources restent une importante source destinée à la consommation humaine. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique. **CSEM, (2016)**. Cependant, leur qualité a connu, dans le monde, ces dernières années, une grande détérioration à cause des rejets industriels non contrôlés et l'utilisation intensive des engrais chimiques dans l'agriculture (**Kaldi et al., 2018**)

Depuis une vingtaine d'année, le marché des eaux embouteillées connaît une forte croissance ; ce développement s'est concrétisé par l'implantation de dizaine d'unité d'exploitation et de production à travers l'ensemble du territoire national ; il a été aussi accompagné par une augmentation exceptionnelle de la consommation dont la part par habitant a remarquablement évolué (**Hazzab, 2011**).

L'étude de **Sekiou et Kellil (2014)**, a permis de caractériser les eaux de source embouteillées de l'Algérie et d'identifier de nombreux faciès chimiques. Un groupe des eaux à faciès bicarbonaté calcique et magnésien, et un autre composé des eaux à faciès chlorurée et sulfatée calcique et magnésien. Parmi ces dernières, l'eau minérale Ben Haroune est considérée comme étant la plus riche en sels minéraux (**Medfouni, 2019**).

Les eaux minérales Mouzaia et Benharoun sont deux marques embouteillées et naturellement gazeuses. L'eau de la marque Mouzaia est considérée comme une eau moyennement minéralisée, magnésienne et bicarbonatée (**Hazzab, 2011**).

Notre objectif est d'évaluer la potabilité des eaux de deux sources non exploitées et l'eau de robinet consommées par les citoyens de la même région, en comparaison avec les eaux minérales

Introduction

naturelles « Mouzaia » et « Ben Haroun » qui ont été analysée au sein de laboratoire AQUASIM.

Pour cela nous avons effectué :

- Des analyses physico-chimiques (Température, pH, Titre Alcalimétrique, Titre Alcalimétrique Complet, Bicarbonate, Titre Hydrométrique, Calcium, Magnésium, Conductivité, TDS, Salinité, Oxygène Dissout, Nitrate, Nitrite, Ammonium).
- Des analyses Microbiologiques : recherche de cinq germes pathogènes (Coliforme Totaux et Fécaux, Entérocoques, Anaérobies Sulfito-Réducteurs, et *Pseudomonas aeruginosa*)
- les résultats de ces analyses ont été confrontés aux normes nationale (**JORA**) et internationale (**OMS** et **CEE**), ensuite discutés en fonction des résultats des travaux antérieures sur les eaux minérale et de leur importance de point de vu diététique.

Chapitre I :

Généralité sur l'eau

1. Définition de l'eau

La molécule d'eau, deux atomes d'hydrogène liée à un atome d'oxygène, est dissymétrique et chargée électriquement, ce qui en fait un excellent solvant qui garde la trace de tous les éléments avec lesquels elle a été au contact.

L'eau pure H_2O n'existe pas dans la nature, ces éléments suivants peuvent être des gaz (oxygène dissous, gaz carbonique) qui jouent un rôle important dans l'action de l'eau sur les matériaux. Des acides et des bases partiellement ou complètement dissociés en ions positifs (cations) et ions négatifs (anions). Des matières en suspension non dissoutes, de nature organique ou minérale. Certaines matières organiques sont dissoutes, particulièrement les acides humiques, qui sont des éléments de décomposition des débris provenant des microorganismes (**viland et al., 2001**).

2. Cycle de l'eau

L'eau, sous ses trois formes (liquide, l'état gazeux et solide) passe par un parcours de cycle éternel. L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation, dans la haute atmosphère, de nuages qui par condensation se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette d'une part à l'évaporation, d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère, c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous-sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (**Coulibay, 2005**).

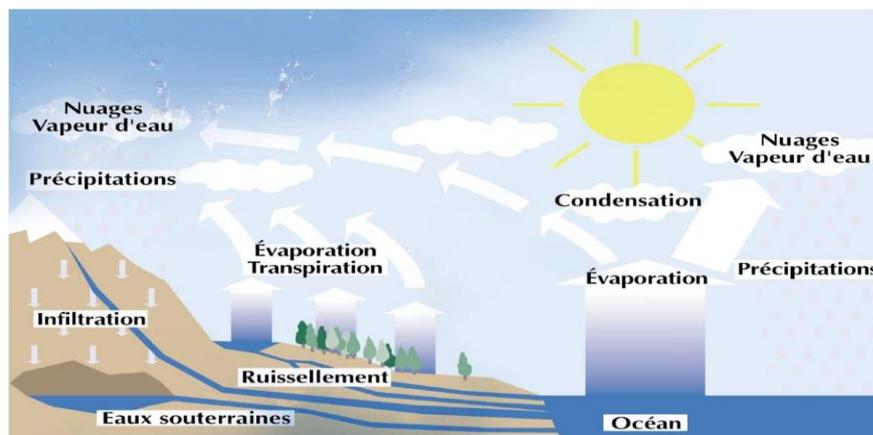


Figure I.1 : le cycle de l'eau [1]

3. Les sources hydriques

L'eau existe dans la nature sous plusieurs formes et sa répartition sur le globe est inégale, cela est dû au climat et la structure du sol (**Vilaginés, 2000**).

3.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines sont des réserves d'eau stockées dans des aquifères sous forme de nappes souterraines. Elles proviennent de l'infiltration et de la percolation des eaux de surfaces dans le sol, leur composition chimique résulte de la nature des aquifères traversés par l'eau à travers l'infiltration, et ainsi un lien s'établit entre la nature du terrain et l'eau infiltrée. Les eaux souterraines sont exemptes de pollution. Cependant elles peuvent, d'une part être contaminées par la technique de puisage, la proximité des latrines ou d'autres sources de pollution, le manque de protection, d'autre part, elles peuvent être chargées par les éléments ; eaux saumâtres, (NaCl) eaux dures (Ca^{2+}) ; eaux ferrugineuses (Fe^{2+}) (**Coulibaly, 2005**).

3.2. Les eaux superficielles

Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, mers, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrages-réservoirs et glaciers. On ne doit pas oublier qu'elles se trouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté (**Vilaginés, R. 2000**)

4. Les types de l'eau de boisson

4.1. Eau minérale

L'eau minérale, naturelle est une eau microbiologiquement saine, ayant pour origine une nappe ou un gisement souterrain et provenant d'une source exploitée par une ou plusieurs émergences naturelles ou forées. Il se distingue nettement de l'eau de boisson ordinaire par sa nature, sa teneur en minéraux, et oligo-éléments ou autres constituants et, le cas échéant, par sa pureté originelle, l'une et l'autre caractéristiques ayant été conservées intactes en raison de l'origine souterraine de cette eau qui a été tenue à l'abri de tout risque de pollution (**CEE, 2009**).

4.2. Eau de source

Une ES est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, tout comme l'EMN, à l'émergence et lors de sa commercialisation, cette eau respecte les limites ou références de qualité (**DGCCRF, 2013**). Toutefois, contrairement à l'EMN, sa composition en éléments caractéristiques peut varier au cours du temps. Elle n'est

donc pas soumise à une obligation d'étiquetage de sa composition en minéraux. De plus, la teneur en minéraux si elle est citée, Correspond à une moyenne analytique (**Foulon, V.2015**). Elle répond aux mêmes exigences de qualité physicochimique et radiologique que l'eau de robinet (**OMS, 2015**).

4.3. Eau de robinet ou distribution publique

L'eau du robinet est l'un des produits alimentaires les plus surveillés durant tout son parcours, depuis la ressource naturelle jusqu'au robinet du consommateur en passant par l'usine de potabilisation puis le réseau de distribution. (**Olivaux, 2010**).

Elle peut provenir soit de ressources souterraines, soit d'eaux de surface, Cette différence d'origine explique la différence de traitement de potabilisation ; les eaux souterraines étant protégées nécessitent des traitements moins complexes que les eaux de surface. Le traitement impliquant systématiquement une désinfection par chloration. Elle est soumise à des normes strictes qui fixent des seuils de minéralité pour que l'eau bénéficie d'un bon équilibre minéral et pour garantir sa qualité afin d'éviter tout risque sanitaire à court ou à long terme (**Beaulieu et Fisset, 2009 ; Chocat, 2015**).

5. Le rôle de l'eau dans l'organisme

L'eau, ingérée sous forme de boissons, parvient rapidement dans le tube digestif. L'estomac en absorbe une très faible quantité, voire même pas du tout, l'intestin constituant, par contre, la voie essentielle de pénétration de l'eau dans l'organisme. De là, une partie de l'eau absorbée passe directement dans la lymphe, tandis que la plus grande partie s'incorpore au courant sanguin qui la distribue au secteur interstitiel, véritable centre régulateur du mouvement de l'eau vers le secteur intracellulaire et le sang. L'eau parcourt ce chemin pour des multifonctions (**Vinland *et al.*, 2001**).

La Construction L'eau est un élément constitutif du corps humain. Elle est présente dans toutes les cellules, les tissus et les compartiments intra et extracellulaires.

Les Réactions chimiques L'eau est à la fois un solvant, un milieu de réactions, un réactif et un produit de réactions chimiques. C'est aussi un produit du métabolisme oxydatif.

Le transport L'eau est le constituant majeur du sang. L'eau transporte les nutriments aux Cellules et aide à éliminer les déchets du corps.

La thermorégulation L'eau aide à maintenir le corps à la bonne température, lors de l'exposition à de fortes chaleurs ou de grands froids (Marie, 2012).

Les apports en sels minéraux dans l'organisme

Tableau I.1 : Apports quotidiens recommandés pour le calcium, le phosphore, le magnésium, le sodium, le chlore et le potassium (C. S. de la santé 2009).

Age	Ca (mg/l)	P (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	Cl (mg/l)	K (mg/l)
0-12mois	210-340	120- 275	50-75	23-46	35-71	39-78
1-18 ans	500- 1200	360- 800	80-410h 80-370f	225- 1600	350- 2400	800-5000
Homme adulte	900	800	420	600- 2000	800- 3000	3000- 4000
Femme adulte			360	600- 2000	800- 3000	3000- 4000
Plus de 60 ans	1200	1000	420h.36 0f	500- 1600	750- 2400	3000- 4000
Grossesse	1200	1000	400	600- 2000	800- 3000	3000- 4000
Allaitement				600- 2000	800- 3000	3000- 4000

6. Critères de la qualité de l'eau

6.1. Critères organoleptiques

a- Couleur

La couleur de l'eau provient de matières organiques, comme par exemple les substances humiques et les tanins mais également des métaux comme le fer et le manganèse ainsi que les résidus industriels fortement colorés. La couleur, dans les systèmes publics d'approvisionnement d'eau, est esthétiquement indésirable (FUNASA, 2013).

b- Odeur

L'eau potable doit être sans odeur, non-seulement au moment du prélèvement, mais encore après une période de 10 jours en vase clos à la température de 26°C. Les odeurs proviennent soit des produits chimiques, des matières organiques en décomposition, des protozoaires ou des organismes aquatiques (**Rodier et al., 2009**).

c-Saveur

La saveur de l'eau n'est pas toujours révélatrice de sa qualité. De nombreuses substances minérales peuvent donner une saveur désagréable à des concentrations faibles (**Potelon et Zysman, 1998**), les chlorures en excès provoquent une saveur saumâtre, le fer une saveur métallique, le magnésium une saveur amère. Cependant l'eau minérale doit avoir une saveur agréable (**Mallevalle et al., 1991**).

6.2. Critères physico-chimiques

Température

Pour l'eau potable, la température maximale acceptable est de 15°C, car on admet que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, il y a risque de croissance accélérée de micro-organismes, d'algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables ainsi qu'une augmentation de couleur et de la turbidité. (**MAIGA, 2005**).

pH

À une température donnée, le pH, qui est le logarithme négatif de l'activité des ions hydrogène, mesure l'acidité ou la basicité de l'eau (**APHA et coll., 2012**). L'activité des ions hydrogène est pratiquement égale à sa concentration dans la plupart des eaux potables. C'est pourquoi elle est généralement présentée comme une concentration (**Sincero et Sincero, 2003 ; Schock et Lytle, 2011**). Le pH de l'eau peut influencer sur les caractéristiques physiques, chimiques et microbiologiques de l'eau, et dans certains cas, ces caractéristiques peuvent agir sur lui (**Santé Canada. 2015**).

Turbidité

Une eau turbide est une eau trouble. Cette caractéristique vient de la teneur de l'eau en particules en suspension, associées au transport de l'eau. Au cours de son parcours, l'eau se charge de quantités énormes de particules, qui troublent l'eau. Les matières, mêlées à l'eau, sont de natures très diverses : matières d'origine minérale (argile, limon, sable...), micro particules et microorganismes. (CRPEA, 2007).

Titre hydrotimétrique (TH)

La dureté totale d'une eau est la concentration totale en ions de calcium, magnésium et autres cations bivalents et trivalents de cette eau (Ghazali et Zaid, 2013)

Titre alcalimétrique (TAC)

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonates et hydroxydes (Rodier et al., 2009).

Les bicarbonates

Ils se trouvent dans les eaux naturelles, leur présence dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées tel que les calcaires et les dolomies ou d'émanation du magma profond, l'apport atmosphérique de cet élément est négligeable. Ils prennent naissance de l'équilibre physique-chimique entre roche, eau et gaz selon l'équation :
$$X CO_3 (\text{roche}) + CO_2 + H_2O \rightarrow X^{2+} + 2 H CO_3^-$$
 (Ouannes, 2020).

Conductivité électrique (CE)

La quantité des solides dissous dans l'eau détermine la conductivité électrique, elle est mesurée en fait le processus ionique d'une solution qui lui permet de transmettre le courant. Mais plutôt un bon isolant. L'augmentation de la concentration en ions augmente la conductivité électrique de l'eau (Muhammad et Aniket, 2013).

Oxygène dissout

Oxygène dissout L'oxygène dissout mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. Sa solubilité est liée à plusieurs facteurs particuliers : la température, la pression atmosphérique et la salinité et aussi en fonction de l'origine de l'eau, les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation. Les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre (Rodier et al., 1984). La quantité

d'oxygène en solution dans une eau régit les réactions d'oxydoréduction (**Latifi,2019**). La diminution de l'oxygène dissous jusqu'à moins 80 % : environ de la saturation entraîne une altération organoleptique de l'eau, cependant, elle ne présente aucun effet direct sur la santé. (**DEGREMONT et al., 1989**).

Salinité

La salinité d'une eau désigne sa teneur en sels dissous calcium (Ca^{2+}) et de magnésium Mg^{2+} , de sodium Na^+ , les chlorures Cl^- , les sulfates SO_4^{2-} et les bicarbonates HCO_3^- . Toute eau contenant des sels dissous, même l'eau potable, pourrait donc être qualifiée saline (**Vaillant, 1973**).

TDS

Les solides dissous totaux (TDS) désignent la quantité de minéraux, de métaux, de matières et de sels dissous dans un certain volume d'eau exprimé en mg/l (**Yusof et al., 2019**).

Les paramètres volumétriques

Le calcium

Dans les eaux de source est présent principalement dans les roches carbonatées mais aussi se rencontre également dans certains minéraux des roches ignées (**Parizot,2008**), Le corps d'un homme adulte comporte approximativement 1,2 kg de calcium, représentant près de 2 % du poids corporel total. 99 % du calcium est présent dans les os – assurant la rigidité du squelette – et dans les dents, sous forme de phosphate calcique et d'hydroxyapatite (**Weaver, 2001**).

Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations (**Gaujour, 1985**).

Le magnésium

Le magnésium est un élément très répandu dans la nature et il est présent dans la plupart des eaux naturelles. Le magnésium contribue à la dureté de l'eau sans être l'élément essentiel (**Savary, 2010**). (Eau dure, 25 mg/L de magnésium), (eau douce, 1 mg/L de magnésium) (**magnésium, 1978**).

L'organisme humain adulte contient 21 à 28 g de magnésium, présent principalement sous forme de sel dans les os (environ 50 % du magnésium corporel) et les muscles squelettiques (environ 25 %), le reste se répartissant surtout dans le système nerveux et dans les organes à haute activité métabolique (**Laires et al., 2004; Nielssen et al., 2007**)

Potassium

Est rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg /l (**Monique et Beaudry, 1992**). Dans les sols ce sont surtout les minéraux argileux qui constituent le réservoir dupotassium, sa présence dans l'eau résulte de la dissolution de ces minéraux (**Mhiri, 2002**).

Le potassium est un cation essentiellement intracellulaire, puisque son contenu extracellulaire ne représente que 2 % de la teneur globale en potassium del'organisme (qui est proche de 135 g chez l'homme de 70 kg et inférieure de 20 %environ chez la femme en raison d'une masse maigre (**EFSA, 2006**)).agit sur la contraction musculaire, et il est indiqué en cas de faiblesse cardiaque (**Rio B.2006**).

Chlorure

L'eau contient presque toujours des chlorures (**Monique et Beaudry, 1992**), mais la teneur en chlorure des eaux est extrêmement variée et liée principalement à la teneur des terrains traversés (**Rodier et al., 2005**).

Ainsi, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvre en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage (**Monique et Beaudry, 1992**).

Le chlorure est un élément essentiel et le principal anion extracellulaire du corps. Il s'agit d'un ion très mobile, qui traverse facilement les membranes cellulaires et qui assure une pression osmotique, un bilan hydrique et un équilibre acide-base appropriés. Il y a peu de temps, on supposait encore que le rôle physiologique de l'ion chlorure était simplement celui d'un contre-ion passif. Au cours des dernières années, certaines études donnent toutefois à penser que l'ion chlorure joue peut-être un rôle plus actif et indépendant dans la fonction rénale, (**Jaina, et al., 1980 ; Totoet al.,1984**) dans la neurophysiologie (**Sackmann et Neher, 1984**) . Et dans l'alimentation (**Honeyfield et Froseth, 1985**).

Sodium (Na) :

Le sodium est un élément métallique blanc argenté que l'on trouve en faible quantité dans l'eau. Dans la plupart des pays, la majorité de l'approvisionnement en eau contient moins de 20 mg/l

alors que dans certains pays la quantité de sodium dans l'eau dépasse de 250 mg/l (**Muhammad et Aniket, 2013**).

Le sodium tout comme le chlorure, est un cation essentiellement extracellulaire qui détermine, l'osmolalité des liquides extracellulaires, donc l'homéostasie hydro-saline de l'organisme et la volémie, Il stimule le péristaltisme intestinal, la sécrétion intestinale d'eau et d'électrolytes, indiqué dans les constipations primitives. Il est dangereux en cas d'HTA (**Squalli et Benzakour, 2010**).

Sulfate (SO₄)

Le sulfate provient principalement de la dissolution de sels d'acide sulfurique. Une concentration élevée de sulfate peut être due à l'oxydation de la pyrite et au drainage minier, etc. Le sulfate dans l'eau naturelle varie de quelques à plusieurs centaines de mg par litre, mais aucun impact négatif majeur du sulfate sur la santé humaine n'est signalé. L'OMS a fixé à 250 mg/l la limite maximale souhaitable de sulfate dans l'eau potable (**Muhammad et Aniket, 2013**).

Paramètres polluant de l'eau

Nitrate et Nitrite

Sont produits de manière naturelle par l'oxydation de l'azote par les microorganismes et, dans une moindre mesure, par les éclairs. L'activité humaine, y compris l'agriculture, le traitement des eaux usées ainsi que les rejets issus des procédés industriels et des véhicules motorisés, constitue la source la plus importante de ces substances. Le nitrate et le nitrite peuvent aussi être générés par un processus de nitrification dans l'eau de source ou dans les réseaux de distribution. (**Santé Canada, 2015**).

Les nitrites sont les sels de l'acide nitreux, La contamination des eaux les nitrates est un problème rencontré de plus en plus fréquemment. Les nitrates se transforment en nitrites et éventuellement en nitrosamines au niveau du tube digestif (**CRPEA, 2007**).

Les données scientifiques actuelles justifient le maintien de la méthémoglobinémie comme effet cible préoccupant pour le nitrite et le nitrate dans l'eau potable (**santé canada, 2015**), La présence de nitrites dans le sang empêche l'hémoglobine de fixer convenablement l'oxygène et entraîne ainsi des risques de méthémoglobinémie aiguë (**CRPEA, 2007**).

Ammonium (NH₄⁺)

La présence d'azote ammoniacal en quantité relativement importante, peut-être l'indice d'une contamination par des rejets d'origine humaine ou industrielle, en plus l'ammoniaque est favorable au développement de certaines bactéries qui sont à leur tour génératrice de mauvais gout. Habituellement, les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal. (**Potelon et Zysman, 1998**).

6.3. Critères bactériologiques

a- Coliformes totaux

Bacilles gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, oxydase-négatifs, capables de développer en présence de sels biliaires ou d'agents tensio-actifs qui fermentent le lactose en produisant de l'acide, du gaz et de l'aldéhyde à $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pendant 24-48 heures, et qui peuvent présenter une activité enzyme β - galactosité.

-La majorité des bactéries coliformes appartiennent au genre *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*, bien que plusieurs autres genres et espèces appartiennent également au groupe (**FUNASA, 2013**).

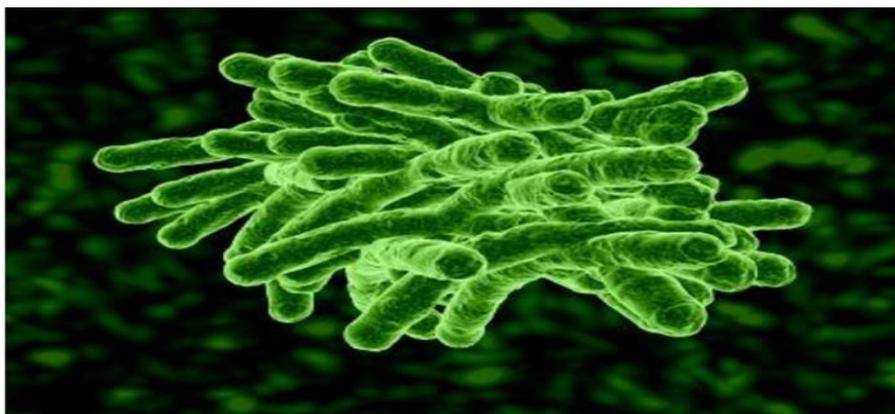


Figure I.2 : Coliformes totaux [2]

b- Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants sont des coliformes qui présentent les mêmes propriétés de structure et de culture caractéristiques des coliformes, mais après incubation à la température de 44°C . Celle-ci permet de sélectionner les espèces de coliformes d'origine fécale, tous les coliformes d'origine fécale sont thermo tolérants mais tous les coliformes thermo tolérants ne sont pas forcément d'origine fécale (**Rodier et al., 2005**).

Si ces coliformes thermo tolérant produisent de l'indole à partir d'une peptone riche en tryptophane à 44°C, ils sont alors fortement présomptifs d'*Escherichia coli* (**Hasly et al., 1993**), qui est habituellement une bactérie commensale, c'est l'hôte normal de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud, c'est un coliforme fécale (**Delarras et al., 2010**), Il est très utile à l'analyse de la contamination fécale des eaux (**Prescott et al., 2010**).



Figure I.3 : Coliformes fécaux [2]

c- Entérocoques

Les entérocoques sont des germes ubiquistes (sols, eaux douces et marines, végétaux), qui vivent en commensaux dans l'intestin de l'homme et des animaux (volailles, porcs, chats...). Ils peuvent être pathogènes pour l'homme et pour les animaux. Ils sont responsables d'infections opportunistes humaines variées et redoutables telles que des endocardites, des septicémies, des méningites, des infections urinaires et des infections nosocomiales). Les espèces fécales de streptocoques et d'entérocoques du groupe D sont recherchées en tant qu'indicateurs de contaminations fécales dans les eaux. (**Delarras, 2014**), et ce sont les deuxièmes microorganismes impliqués dans les endocardites infectieuses (**Ruch et al., 2019**). En général, les entérocoques sont alpha-hémolytiques ou non hémolytiques (**Maza et al., 2020**).



Figure I.4 : Les Entérocoques (Rodier, 1996).

d- Anaérobies sulfito-réducteurs

Selon **Lebras (2002)**, le genre *Clostridium* est constitué de bacilles à Gram positifs, anaérobies stricts, mobiles par ciliature péritriche, mais parfois immobiles et capsulés. Ces bacilles subsistent sous forme sporulée lorsque les conditions de vie deviennent défavorables à leur multiplication et font partie pour la plupart de la flore normale intestinale de l'homme et des animaux. Les spores sont ovoïdes ou sphériques, naturellement thermorésistantes. Les *Clostridium* sont donc capables de survivre dans l'environnement et de contaminer n'importe quel type d'aliment ou matériel si les conditions d'hygiène et de stérilisation ne sont pas respectées.

Leur dénomination est due au fait que ces espèces sont capable de produire de l'hydrogène sulfure (H_2S) à partir du sulfite de sodium présent dans le milieu ; celui-ci se combine avec du citrate de fer ammoniacal ou de l'alun de fer pour donner du sulfure de fer noir (**Champait et Larpent, 1988**).



Figure I.5 : Anaérobies sulfito-réducteurs [3]

e. *Pseudomonas aeruginosa*

est un bacille Gram négatif, aérobic strict, mobile à ciliature polaire mono triche, oxydase+, catalase+(Delarras et al., 2010), pathogène opportuniste pour l'homme, capable de croître dans l'eau, à des très faibles concentrations en nutriments (AFNOR, 2005). C'est la seule espèce de *Pseudomonas* produisant 2 pigments, la pyocyanine et la pyoverdine. Elle se retrouve fréquemment dans certains réseaux d'eau et dans l'environnement. Son origine peut être humaine et éventuellement fécale. Sa mise en évidence dans les eaux souterraines peut traduire une contamination par des eaux superficielles (Delarras et Trebaol, 2003).

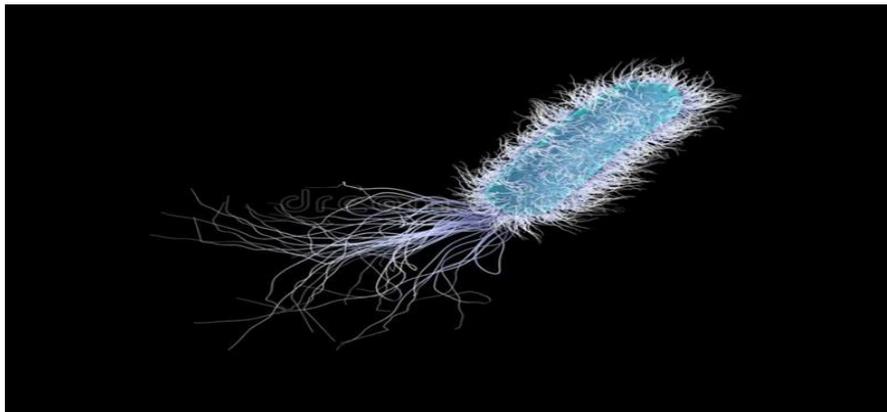


Figure I.6 : *Pseudomonas aeruginosa* [4]

7. Les normes de qualité physico chimique des eaux potables

Généralement, pour chaque paramètre, on recherche sa présence et l'on détermine sa quantité dans l'eau. La norme pour un paramètre dans l'eau est représentée par un chiffre, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser et une limite inférieure à respecter. Si un paramètre dépasse la concentration limite, il y a absence de conformité par rapport aux normes établies. Mais si la protection de la santé des collectivités a un caractère impératif, il n'est pas exclu que l'on tienne

compte également des considérations d'ordre socio-économique, des possibilités en ressources locales en eau et également de l'expérience acquise. A ce titre, l'O.M.S, dans ses recommandations, ne fixe pas des normes strictes, mais plutôt des valeurs guides qui sont susceptibles d'être utilisées avec une certaine souplesse, dans le souci constant de protection de la santé de la population, tout en permettant de porter un jugement comparatif sur la qualité de l'eau (bouziane, 2000).

Tableau I.2 : Les normes de qualité physico chimique des eaux potables (JORA, 2006 et JORA, 2015).

Groupe de caractéristiques	caractéristiques	Unités	Concentrations
Caractéristiques organoleptiques	Couleur	Mg/l de platine (en référence à l'échelle platine/cobalt)	au maximum 25
	Saveur (seuil de perception à 25°C)		au maximum 4
	Odeur (seuil de perception à 25°C)	/	au maximum 4
Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau	PH	Unité PH	6.5 à 8.5
	Conductivité (à 20°C)	(à	au maximum 2800
	Dureté	mg/l de Ca / CO3	
	Chlorures	mg/l (Cl)	200 à 500
	Sulfates	mg/l (SO4)	200 à 400
	Calcium	mg/l (Ca)	75 à 200

Magnésium	mg/l (Mg)	150
Sodium	mg/l (Na)	200
Potassium	mg/l (K)	20
Résidus secs après dessiccation à 180°C	mg/l	2000
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	0.1
Ammonium	mg/l	0.5

Tableau I.3 : Les normes de qualité bactériologique des eaux minérales naturelles (JORA, 2017).

Micro-organismes	Limites bactériologiques (UFC/g)
Coliformes totaux	Absence dans 250 ml
<i>Escherichia coli</i>	Absence dans 250 ml
Spores anaérobies sulfito-réductrices	Absence dans 50 ml
Entérocoques	Absence dans 250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Absence dans 250 ml

CHAPITRE II :
MATREILLES ET METHODES

Notre stage pratique au sein de l'entreprise SPA AQUASIM Mouzaia << filière d'eau minérale naturelle >> a duré 3 mois. L'objectif de ce travail consiste à faire une évaluation de la qualité d'eau provenant de sources situées dans différentes régions à travers des analyses physico-chimiques et bactériologiques en suivant dans nos étapes les normes JORA.

1. Matériel

1.1. Echantillons d'eau

Notre étude a porté sur des 05 échantillons d'eau, de quatre sources naturelles, et l'eau de robinet

-Sources minérales naturelles exploitées : il s'agit de deux sources « Ben Haroun » et « Mouzaia » exploitées par l'entreprise SPA AQUASIM.

Sources naturelles non exploitées : ça concerne de « TrabLahmer » et « Ain Moussa » consommées par la population autochtone de Bouarfa et Hmer El ain respectivement.

Eau de robinet : échantillon d'eau de robinet domestique de la région zaouia; la population de cette région a pris l'habitude de consommée également l'eau provenant de la source de TrabLahmer.

Tableau II.1 : Prélèvements des échantillons analysé

L'eau	Lieu de l'échantillon	de Date et l'heure de prélèvement	Date et l'heure d'analyse	
			Physico-chimique	Bactériologique
Mouzaia	Mouzaia	Le 07/03/2022 à 10h 02 mn	à Le 07/03/2022 à 10h 14mn	à Le 07/03/2022 à 10h 52 mn
Ben Haroune	Région Bouira	Le 21/03/2022 à	à Le 22/03/2022 à 9h 02mn	à Le 22/03/2022 à 11h 23mn
Ain Moussa	Région Hamerain	Le 11/04/2022 à 17h 08mn	à Le 12/04/2022 à 11h 29mn	à Le 12/04/2022 à 10h 47mn
TrabLahmer	Région Bouarfa	Le 18/04/2022 à 16h 08mn	à Le 19/04/2022 à 09h 10mn	à Le 19/04/2022 à 11h 05mn
Eau de	Région Zaouia	Le 19/04/2022 à	à Le 19/04/2022 à	à Le 19/04/2022 à

1.2. Matériel de laboratoire

Nous avons utilisé les appareils, la verrerie et le petit matériel disponibles au niveau du laboratoire d'analyse de l'entreprise SPA AQUASIM MOUZAIA (**Annexe 1**).

2. Méthodes

2.1. Echantillonnage et modes de prélèvement

L'échantillonnage a été adapté aux types d'analyses effectuées :

2.1.1. Prélèvement pour les analyses physico-chimiques

Des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (P.E.T) de volume 1,5 l préalablement rincées ont été remplies totalement d'eau à analyser puis bien fermées tout en faisant attention à ne pas les agiter pendant leur acheminement au laboratoire.

2.1.2. Prélèvement pour les analyses bactériologiques

Le prélèvement destiné aux analyses bactériologiques doit se faire dans des conditions aseptique afin d'éviter toute contamination. Pour se faire :

- Ouvrir le robinet et laisser couler les premiers jets d'eau ;
- Stériliser le robinet avec de l'alcool à 70%. et en le flambant à l'aide d'un chalumeau.

Afin de créer une zone stérile la flamme du chalumeau est gardée près du robinet ; et utilisée pour flamber la bouteille ;

- Remplir la bouteille tout en gardant le bouchon en zone stérile
- Restériliser la bouteille en flambant ;
- Refermer la bouteille et la restériliser en flambant.
- Placer la bouteille à l'intérieur d'une glacière afin de conserver les échantillons et les transporter au laboratoire.

Quand il n'existe pas de robinet proprement dit comme le cas de la source d'Ain Moussa la bouteille stérilisée et directement ouverte remplie et refermée sous le jet d'eau.

2.2. Analyses physico-chimiques

2.2.1. Température

Pour mesurer la température de l'eau il suffit d'ouvrir le robinet et de le laisser couler pendant quelques minutes, puis introduire la sonde du thermomètre et le résultat s'affiche sur l'écran.

1.2.2. PH

Le pH correspond au logarithme négatif de la concentration en ions H^+ contenus dans la solution. Le pH est déterminé à l'aide d'un pH mètre. C'est un appareil qui mesure la différence de potentiel chimique des ions H^+ entre deux électrodes. Dans un bécher, 100ml d'eau à analyser a été agité, introduire l'électrode du pH mètre et lire la valeur du pH après la stabilisation.

1.2.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration, nature des ions, de la température et la viscosité de la solution. Pour réaliser la mesure, la cellule à conductivité a été bien rincée avec l'eau distillée, et introduite dans l'eau à examiner contenue dans un bécher, mettre le liquide sous agitation afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes, le résultat est donné directement en $\mu S/cm$.

1.2.4. Total de solides dissous (TDS)

Dans un bécher remplis avec de l'eau à analyser, introduire la cellule de l'appareil multi-paramètre (mis sur le paramètre TDS), et lire la valeur de salinité sur l'écran après la stabilisation.

1.2.5. Salinité

La salinité mesure la concentration d'une eau en sels dissous (chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium, etc.) au travers de la conductivité électrique de cette eau. (Futura Sciences, 2021). Pour réaliser la mesure La cellule de l'appareil multi-paramètre (mis

sur le paramètre salinité) a été introduite dans l'échantillon d'eau à analyser, le résultat s'affiche sur l'écran.

1.2.6. Oxygène Dissous

Afin de mesurer l'oxygène dissout, l'échantillon d'eau a été pris dans un bécher, introduire la cellule de l'appareil multi-paramètre (mis sur le paramètre O₂) dans le bécher, le résultat s'affiche sur l'écran.

1.2.7. Titre hydrométrique (TH)

La dureté de l'eau est principalement causée par la présence de calcium et de magnésium, elle est exprimée en mg/L de CaCO₃. En général, la dureté carbonatée est définie par la concentration dans l'eau des cations Ca²⁺ et Mg²⁺ qui sont associés aux anions de l'alcalinité (HCO₃⁻ et CO₃²⁻). La dureté totale par la méthode de titrimétrie à l'EDTA repose sur le dosage rapide des ions de calcium et de magnésium, elle est appropriée à la plupart des types d'eaux. Elle indique la teneur globale en sels de calcium et de magnésium. Pour faire le dosage, 4ml de solution tampon à pH 10 et une pincée de Noir Eriochrome ont été ajoutés à 50ml de l'échantillon. L'indicateur utilisé est le Noir Eriochrome T qui donne une couleur rose violacée en présence des ions Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺. La solution obtenue doit être titrée à l'aide de la solution d'EDTA 0.02 N jusqu'au virage de la couleur au bleu. La concentration totale en ions calcium et magnésium exprimée en degré français (°F) est donnée par la formule suivante :

$$\text{TH} = V_2 \times 2 \times f_c \times F$$

Avec:

TH : dureté exprimée en °F

V₂ : volume d'EDTA en ml utilisé pour doser l'échantillon

F_c : Facteur de correction

F : Facteur de dilution

En pratique quotidienne courante, la formule devient :

$$TH = V_2 \times 2$$

Tableau 2.2 : Relation entre le titre hydrotimétrique d'une eau et sa dureté. (Boudia et Bouameur, 2016).

TH	0 à 7	7 à 15	15 à 25	25 à 42	> 42
Eau	Très douce	Douce	Moyennement dure	Dure	Très dure

1.2.8. Titre Alcalimétrique (TA et TAC)

L'alcalinité d'une eau est liée à la présence des ions d'hydroxydes (OH^-), des ions de carbonates CO_3^{2-} et des ions de bicarbonates HCO_3^- . Les déterminations des titres alcalimétriques sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

Le **TA** mesure la teneur des ions OH^- et des ions CO_3^{2-} alors que le **TAC** mesure la teneur des ions OH^- , des ions CO_3^{2-} et des ions HCO_3^- .

1.2.8.1. Détermination du titre alcalimétrique simple (TA)

Pour faire le dosage, 2 gouttes d'une solution alcoolique de phénolphtaléine ont été ajoutées à 100 ml d'échantillon de l'eau à analyser. Après avoir obtenue une couleur rose, la solution doit être titrée par l'acide chlorhydrique 0.1N jusqu'à sa décoloration. Dans le cas où il n'y a pas de coloration de la solution après ajout de la phénolphtaléine, le TA est égal à 0.

Le titre alcalimétrique simple exprimé en °F est donné par la formule suivante :

$$TA = V_1 \times N \times 1000 \times M_1V$$

Avec :

V_1 : volume d'HCl utilisé pour le dosage

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

N : normalité de la solution d'HCl

M₁: masse molaire de carbonate 60g

V : volume de la prise d'essai

Sachant que : 1°F correspond 6mg/l CO₃

La formule devient :

$$\text{TA } (^{\circ}\text{F}) = V_1 \times 10$$

1.2.8.2. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCl), dilué en présence de la phénophtaléine. Le but est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO₃.

-Pour réaliser le dosage, 20 gouttes de méthyl orange ont été ajoutées à 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser. Après avoir obtenu une coloration jaune, la solution doit être titrée par de l'acide chlorhydrique 0.1N jusqu'à l'apparition d'une coloration rouge. Le titre alcalimétrique simple exprimé en °F est donné par la formule suivante

$$\text{TAC} = V_2 \times N \times 1000 \times M_2 V$$

Avec :

V₂ : volume d'HCl utilisé pour le dosage

N : normalité de la solution d'HCl

M₂ : masse molaire de bicarbonate HCO₃⁻ : 61g

V : volume de la prise d'essai

Sachant que : 1°F correspond 12.2mg/l HCO₃⁻

La formule devient :

$$\text{TAC } (^{\circ}\text{F}) = V_2 \times 5$$

1.2.9. Calcium (Ca²⁺) et Magnésium (Mg²⁺)

Dosage du calcium et magnésium Principe Le calcium est déterminé directement par le titrage avec l'éthylène diamine tétra - acétique (EDTA) , quand ce dernier est ajouté à l'eau , il se combine d'abord avec le calcium . Le magnésium, en grande partie, est précipité et l'indicateur utilisé (noir ériochrome) se combine avec le calcium seulement, le magnésium est déterminé par le calcul (Rodier et al ., 1996).

1.2.9.1 Calcium (Ca²⁺)

Titration par complexométrie des ions Ca⁺⁺ avec une solution d'EDTA à 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 Ca⁺⁺, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violette.

- Pour réaliser le dosage, 2 ml de solution d'hydroxyde de sodium 2N et une pincée d'indicateur ont été ajoutées 50ml de l'échantillon de l'eau à analyser, la solution obtenue doit être titrée par la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose violet.

La teneur en calcium, exprimée en mg/l est donnée par l'équation suivante :

$$C_{Ca^{2+}} = \frac{C_1 \times V_1 \times A}{V_0} \times 1000$$

Avec :

v_1 : volume en ml de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage.

V_0 : volume en ml de la prise d'essai de 50 ml

C_1 : concentration de la solution d'EDTA soit 0.01 mol/l

A : masse atomique du calcium (40.08g)

1.2.9.2. Magnésium (Mg²⁺)

$$C_{Mg^{2+}} = TH - [(Ca^{2+}) \times 0.25]/0.42$$

1.2.10. Chlorures (Cl⁻) (Méthode MOHR)

Le dosage des Chlorures est réalisé par le titrage au nitrate d'argent (AgNO₃) en utilisant du chromate de potassium (K₂CrO₄) comme indicateur.

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former de chlorure d'argent (AgCl) insoluble qui précipite.

Ce précipité réagit avec l'indicateur (K₂CrO₄) pour former du chromate d'argent

(Ag₂CrO₄), brun rouge insoluble. L'apparition de la coloration brun rouge marque la fin du titrage.

Remarque : Durant le titrage le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation.

-Pour réaliser le dosage, 1 ml d'indicateur de chromate de potassium a été ajouté à 100 ml de l'échantillon V_A. La solution obtenue doit être titrée par la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une couleur brun rougeâtre.

La concentration en chlorures exprimée en mg/l est donnée par la formule suivante

$$C_{Cl} = \frac{(V_s \times C \times M \times 1000)}{V_a}$$

Avec :

V_s : volume d'AgNO₃ en ml utilisé pour le dosage

V_A : volume en ml de la prise d'essai

C : concentration réelle d'AgNO₃ en mol/l

M : masse molaire du Cl : 35.453 g/m

Tableau II.2: Grille simplifiée pour la classification des eaux (Labadi et Hammeche, 2016).

La qualité	Paramètres
------------	------------

	Chlorures (mg/l)	Nitrate (mg/l)
Excellente	<200	<5
Bonne	200-300	5-25
Moyenne	300-750	25-50
Mauvaise	750-1000	50-100
Très mauvaise	>1000	>100

1.2.11. Bicarbonate

Dosage des bicarbonates Les carbonates n'existant qu'à pH > 8,3 et les bicarbonates si le pH est compris entre 4,4 et 8,3. Au cours d'un dosage acimétrique doublé d'une mesure de pH, à quel moment ces ions sont encore présents ou non dans l'échantillon (**Rodier et al., 2005**)

$$C_{\text{HCO}_3^-} = \text{TAC} \times 12.2$$

1.2.12. Nitrites (NO₂⁻)

Le nitrite dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromotrope pour produire un complexe coloré rose dont la coloration est proportionnelle à la quantité de nitrite présent

Pour réaliser le dosage, 1 ml du réactif mixte a été ajouté dans 50 ml de l'échantillon et attendre au moins 20 mn. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO₂⁻

Enfin, mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm). Effectuer parallèlement au dosage, un essai à blanc en suivant le même mode opératoire en utilisant les mêmes quantités des réactifs mais en employant le même volume approprié d'eau distillée à la place de la prise d'essai.

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.

1.2.13. Nitrates (NO₃⁻)

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Pour faire le dosage, 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30%, et 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 % ont été ajoutées dans 10 ml d'eau à analyser la solution obtenue doit subir à l'évaporation à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88°C.

Le résidu a été pris avec 2 ml d'acide sulfurique concentré. Et Laissé reposer 10 minutes après l'ajoute 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.

Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm.

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates.

1.2.14. Ammonium (NH_4^+)

Mesurage spectrométrique du composé bleu former par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium.

- Pour réaliser le dosage, 4 ml du réactif coloré, 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium ont été ajoutés dans l'ordre, et homogénéiser dans 40 ml d'échantillon à analyser.

- Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Les mesures ont été effectuées par l'appareil spectrophotométries à la longueur d'onde de 655nm

- Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.

2.3. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Une eau est dite conforme, quand les indicateurs de contamination (les coliformes et les streptocoques) sont absents dans les échantillons d'eau à analyser. Tout le matériel utilisé pour l'analyse bactériologique est cité dans (l'annexe II).

2.3.1 Dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes (NF EN ISO 9308-1)

Mode opératoire

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable et la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.

- Le refroidir avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45 μm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Verser aseptiquement 250 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux, devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Gélose lactosée au TTC et Tergitol préalablement préparée
- Après avoir filtré l'eau étudiée pour la recherche des coliformes totaux.

Incubation : pendant 18 à 24 h, à $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Lecture : On considère comme positives toutes les colonies petites, lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune orangé ou en jaune (lactose positif).

Test de confirmation des coliformes fécaux

- On effectue un repiquage d'une colonie sur la gélose TSA à partir de la gélose Tergitolet on incube à 37°C pendant 24h.

Test d'indole :

- On transfère une colonie caractéristique du premier milieu dans un tube du bouillon

Tryptophane à l'aide d'une anse de platine et on incube à 44°C pendant 24h.

Test d'oxydase

- Après 24h d'incubation, un test d'oxydase est réalisé où on prélève une colonie à partir de la gélose TSA avec une pipette Pasteur et on la dépose sur le disque directement.

Expression des résultats :

- Une bactérie coliforme est toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole.
- Une bactérie *E.coli* présumée est toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à 44°C .

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Mesures et calcul du résultat

- On calcule la valeur a du nombre de bactéries coliformes et celle des E. coli, le résultat final sera exprimé selon l'équation mathématique suivante :

$$a = (b/A) \times C$$

Avec :

A : Nombre de colonies repiquées.

b : Nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

C : Nombre total de colonies trouvées dans la boîte.

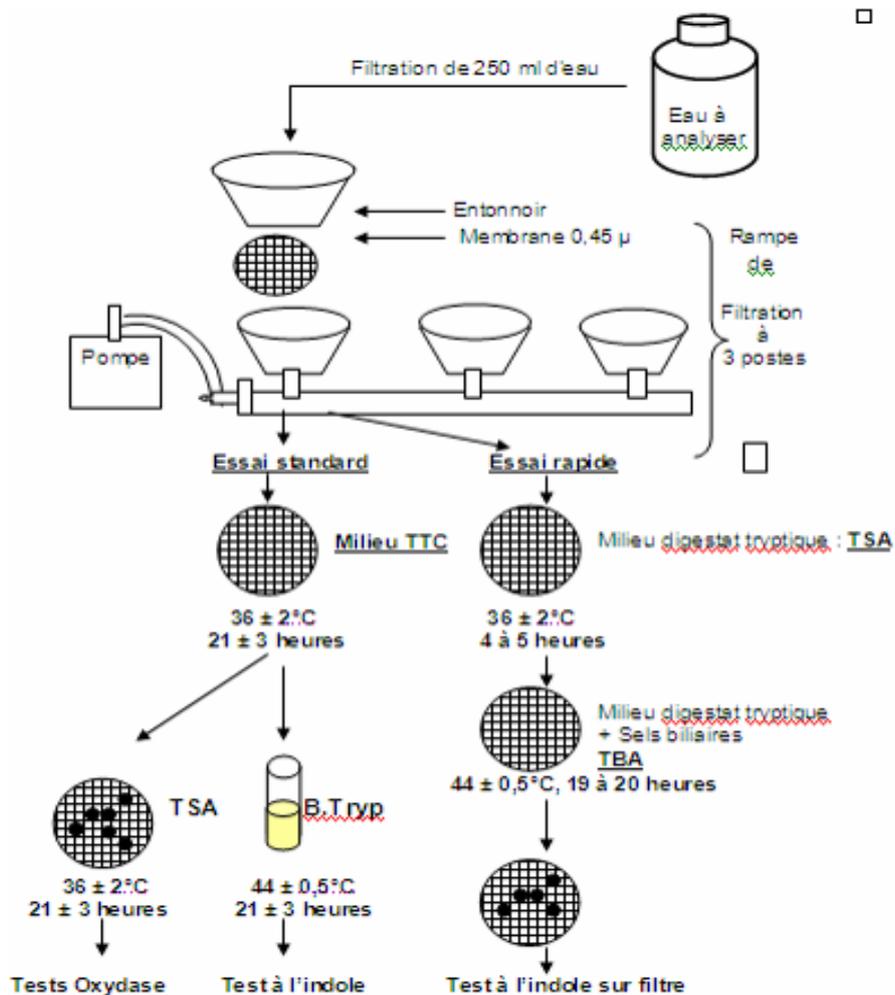


Figure II.1 : recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (Mouffok, 2009).

2.3.2. Entérocoques (NF EN ISO 7899-2)

Mode opératoire

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable et la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Le refroidir avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Verser aseptiquement 250 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux, devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose SLANETZ et BARTLEY additionnée au TTC préalablement préparée.

Incubation : 24 à 48 h à 36 °C ± 2°C.

Lecture : Considérer comme typiques toutes les colonies bombées montrant une couleur rouge, marron ou rose, soit au centre soit sur l'ensemble de la colonie.

Confirmation

- Préchauffer le milieu Bile Esculine à 44°C ± 0,5°C pendant quelques minutes.
- A l'aide d'une pince stérile, transférer la membrane présentant la ou les colonies suspectes et le déposer (sans retournement) sur la gélose Bile Esculine.

Incubation : à 44°C ± 0,5°C pendant 2 heures.

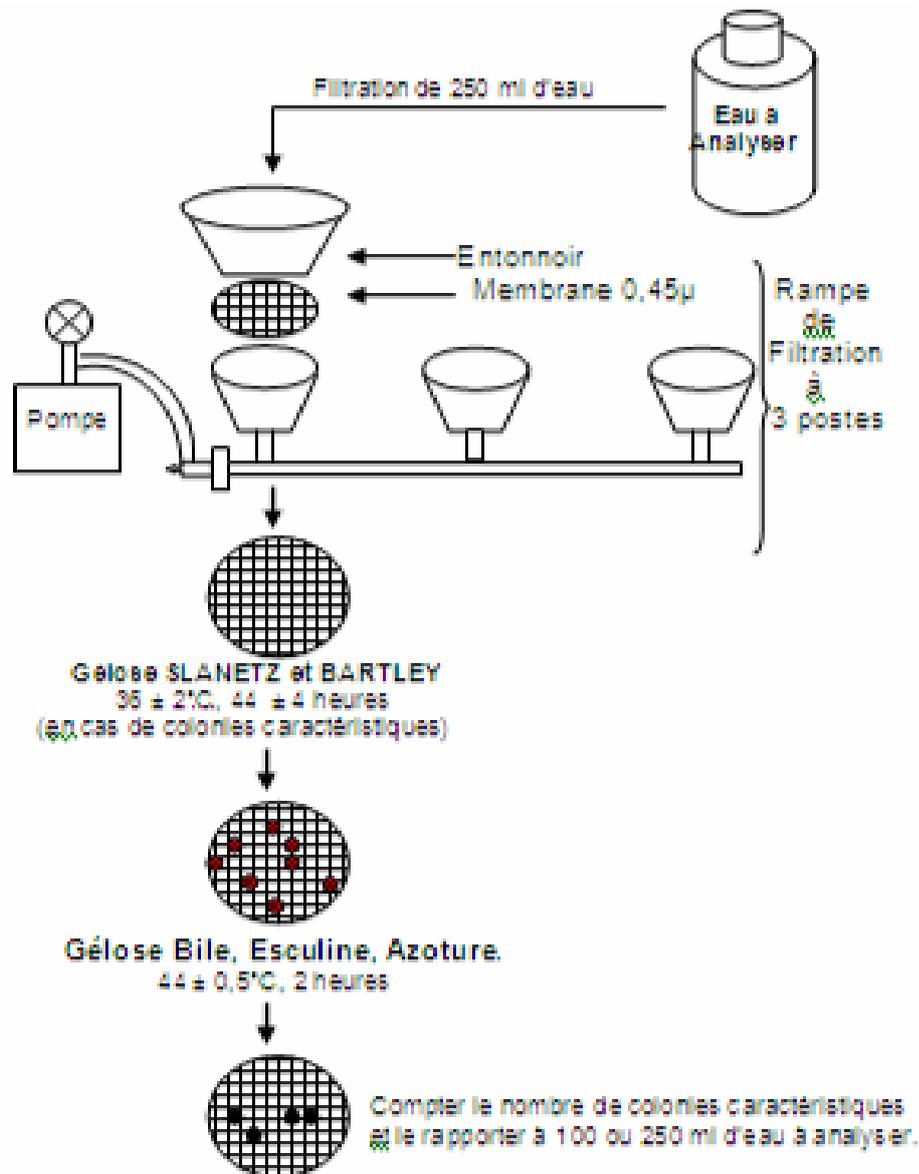


Figure II.2 : Recherche et dénombrement des entérocoques (Mouffok, 2009)

2.3.3. Anaérobies sulfito-réducteurs (NA 15 727)

Mode opératoire

- On prend 50 ml de l'eau à analyser, qu'on verse dans 10 tubes de 5ml.
- Les tubes sont chauffés à 80°C au bain marie pendant 10 min.
- On les passe sous l'eau de robinet (choc thermique).
- Filtrer l'eau à analyser à travers une membrane de porosité 0,2 µ puis la placer face supérieure tournée vers le bas dans le fond d'une boîte pétri qui contient une couche fine de la gélose VF.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

Verser le milieu de culture avec additifs jusqu'au rebord de la boîte pétri.

Incubation : $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant $44 \pm 4\text{h}$.

Lecture et interprétation : Dénombrer toute colonie noire.

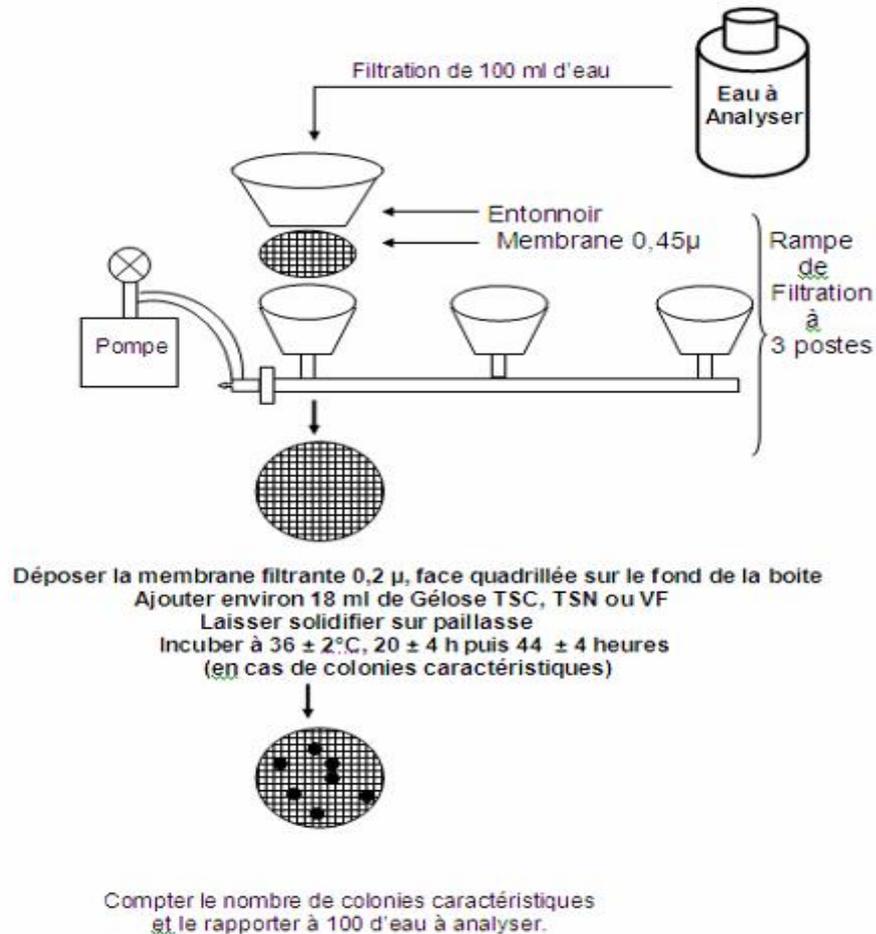


Figure II.3. : Recherche et dénombrement Anaérobies sulfito-réducteurs(Mouffok, 2009).

2.3.4. *Pseudomonas aeruginosa* (NF EN ISO 16266)

Mode opératoire

- Stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable et la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Le refroidir avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile.

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité de 0,45 μm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Verser aseptiquement 250 ml d'eau à analyser, selon les types d'eaux, devant un bec-bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, sur la surface d'une plaque de gélose au Cétrimide préalablement préparée.

Incubation : à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 44 ± 4 heures.

Lecture et interprétation

- Les colonies pigmentées en bleu vert (pyocyanine) sont considérées d'emblée comme des colonies de *P.aeruginosa* : compter le nombre de colonies.
- Les colonies qui présentent une fluorescence sous UV, seront repiquées sur bouillon à l'acétamide puis incubées à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 4 h.
- Après incubation, la production d'ammoniac à partir du bouillon à l'acétamide, après avoir ajouté une à deux gouttes du réactif de Nessler est caractérisée par un virage du jaune au rouge brique, et est en faveur de *P. aeruginosa* : compter le nombre de colonies.
- Les colonies présentant une pigmentation brun rougeâtre sans fluorescence, nécessitent également une confirmation biochimique basée d'abord et avant tout sur l'oxydase.
- Les colonies oxydase (+) seront ensuite repiquées d'une part, sur bouillon à l'acétamide qui sera incubé à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 20 ± 4 h et d'autre part, sur King B.

Après incubation

- La production d'ammoniac à partir du bouillon à l'acétamide, après avoir ajouté une à deux gouttes du réactif de Nessler est caractérisée par une décoloration du jaune au rouge brique, est en faveur de *P. aeruginosa* : compter le nombre de colonies.
- L'apparition d'une fluorescence sur milieu King B exposé aux UV (360 nm) est en faveur de *P. aeruginosa* : à compter.
- Le nombre total de colonies de *Pseudomonas aeruginosa*^N, présentes dans le volume d'eau

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

-Le nombre total de colonies de *Pseudomonas aeruginosa* N, présentes dans le volume d'eau à analyser est calculé par l'équation mathématique suivante :

$$N = P + F \left(\frac{cF}{nF} \right) + R \left(\frac{cR}{nR} \right)$$

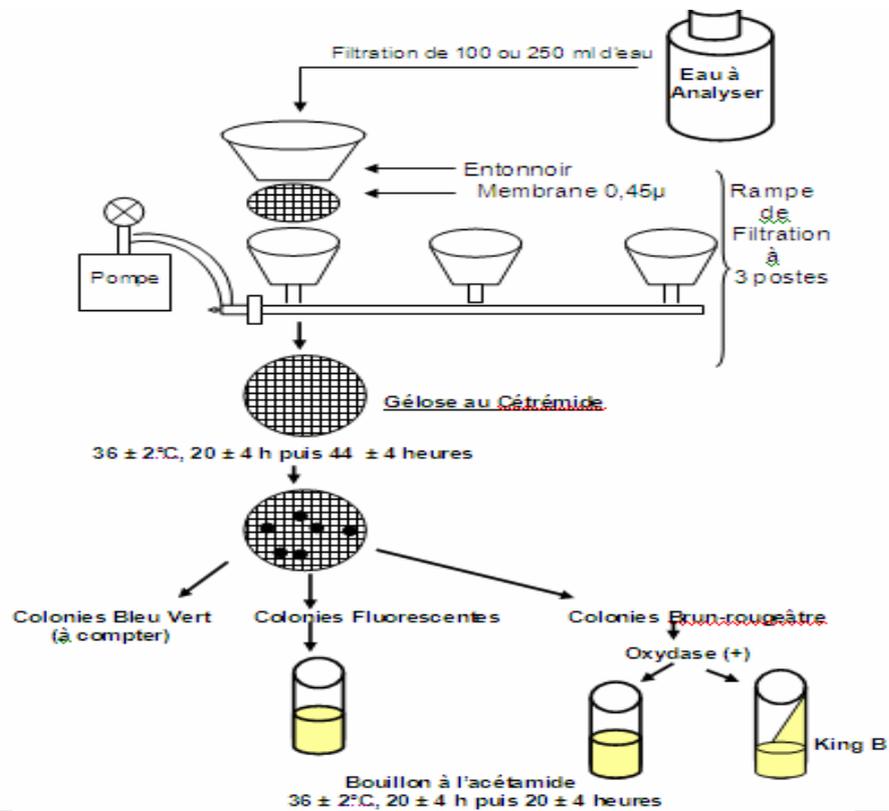


Figure II.4 : recherche et dénombrement de *Pseudomonas aeruginosa* (Mouffok, 2009)

Tableau II.3 : Résumant le mode opératoire des analyses microbiologiques

Germes	Technique	Volume échantillon	Milieu utilisé	T° incubation	Lecture
<i>Coliformes totaux</i>	Filtration Ø 0.45µm	250ml	TTC et tergitol	37C° à 48h	Jaune orangé
<i>E. coli</i>	Filtration Ø 0.45µm	250ml	TTC et tergitol	44C° à 48h	Jaune orangé
<i>Entérocoques</i>	Filtration Ø 0.45µm	250ml	Gélose slanetz et bartley	37C° à 48h	Colonie rouge
<i>Anaérobies sulfito-réductrices</i>	Filtration Ø 0.22µm	50ml	Viande de foi	37C° à 48h	Colonie noire
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Filtration Ø 0.45µm	250ml	Cétrimide	37C° à 48h	Bleu vert

Chapitre III :

Résultats et discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques

Afin d'étudier la potabilité des sources, les résultats des paramètres physico-chimiques ont été comparées aux normes algériennes et de l'OMS.

1.1. Température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques (**HCEFLCD, 2006**).

Dans les régions d'étude, les résultats obtenus montrent que le degré de température ne présente pas de grandes variations en fonction des sources (**Figure 3.1**)

Les valeurs de températures des eaux minérales sont de 19°C l'eau «Ben Haroun» et de 22.5±0.5° C de «Mouzia». Dans le cas des sources «TrabLahmer» et «Ain Moussa » nous marquons des valeurs de 19.4°C et 21°C respectivement. La température de l'eau de robinet est de 21°C.

Nous constatons que la température des eaux examinées est inférieure à 25°C donc conforme à la norme de **JORA**.

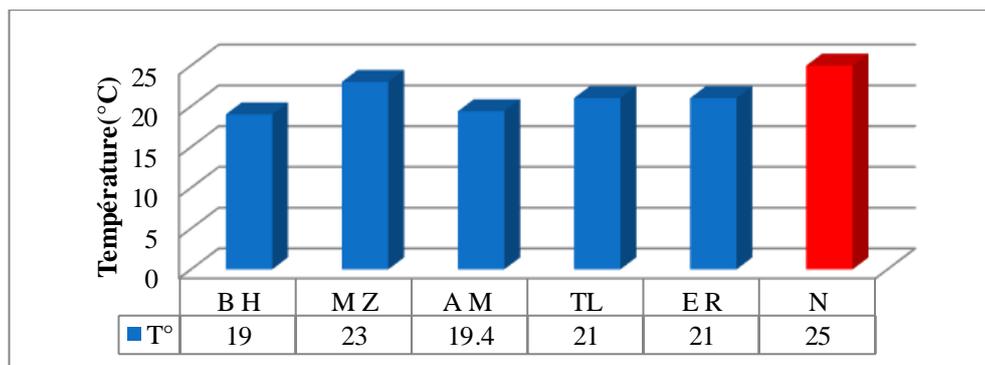


Figure III.1 : variations de la température dans les régions étudiées

1.2. pH

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène de la solution (H^+).les valeurs du pH des différentes sources sont montrées dans la **figure 3.2**. Elles oscillent dans l'intervalle des valeurs, [6.5 à 8.5] fixées par la norme de potabilité du **JORA (2015)**.

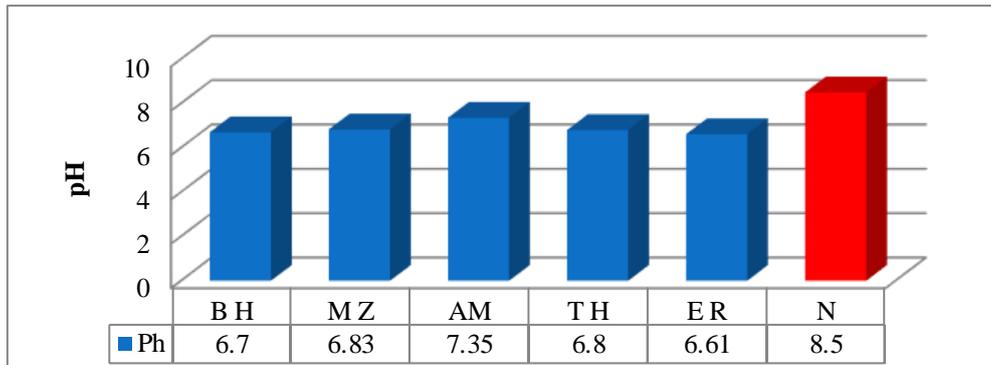


Figure III.2 : variations du pH dans les eaux étudiées

Les sources étudiées sont peu acides. Par ailleurs, la source AM est peu basique (7,35) ; au fait, les eaux de source sont légèrement basiques ; leurs pH présentent des écarts assez faibles et le pH moyen est de 7,40 (Sekiou et Kellil, 2014).

L'alcalinité

L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, c'est un peu comme le «pouvoir tampon de l'eau». En d'autres termes, l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de pH. L'alcalinité seule n'est pas d'une grande importance pour mesurer la qualité de l'eau. Cependant, une eau peut avoir une faible alcalinité et un pH relativement élevé ou vice versa (Dakota, 2021).

1.3. Titre Alcalimétrique simple (TA)

Permet de connaître la teneur en hydroxyde (OH^-), la moitié de la teneur en carbonate CO_3^{2-} , et un tiers environ des phosphates présents. (DEGREMONT., 1989).

Dans les échantillons analysés, le TA est nul, cela serait dû à l'absence des carbonates, et donc ils sont conformés aux normes.

1.4. Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

correspond à la teneur en ions OH^- , CO_3^{2-} et HCO_3^- pour des pH inférieurs à 8,3, la teneur en ions OH^- et CO_3^{2-} est négligeable ($\text{TA} = 0$) dans ce cas la mesure de TAC correspond au dosage des bicarbonates seuls. (DESIARDINS RAYMOND., 1990)

Les résultats de TAC dans cette étude montrent que les eaux minérales BH (133°F) et MZ (75°F) dépassent le norme contrairement aux eaux de sources TL (25°F) et AM (32.5°F) ainsi que l'eau de robinet (21°F) sont dans les normes JORA (2015) et OMS (2004).

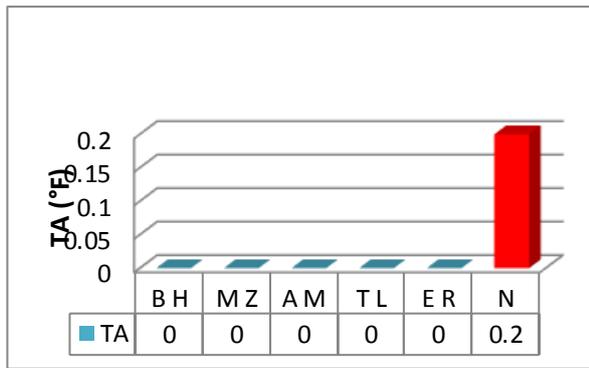


Figure III.3 : variations du TA

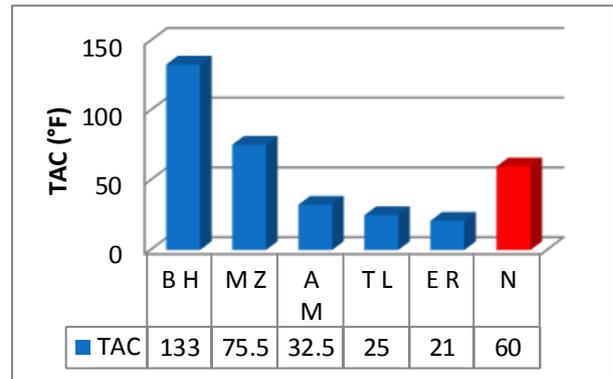


Figure III.4 : variations du TAC

1.5. Bicarbonate

Les concentrations en bicarbonates (HCO_3^-) dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO_2 dissous et la nature lithologique du sol (MERIEM, G. W. R. 2019).

Nous observons que les eaux minérales BH et MZ sont très riches en bicarbonates, avec des valeurs 1809,3mg/l et 921.1mg/l respectivement qui dépassent les normes OMS et JORA, mais ces concentrations sont comparables avec celle de l'eau de la marque Manon vendue en France avec une valeur (1567mg/l). Parmi les eaux embouteillées vendues en Algérie, il semble que l'eau minérale BH soit la plus riche en bicarbonate suivie de MZ et La Vita (Labadi et Hammache, 2016 ; Medfouni, 2019). Des valeurs encore plus élevées ont été rapportées par Omou (2012) dans l'eau de marque Vichy St Yorre (2418,5mg/l) et Vichy Célestins (2324,77mg/l).

Dans le cas des eaux de sources nous marquons une valeur de 396,5mg/l pour l'eau d'AM et de 256.2 mg/l pour la source de TL, nous enregistrons une valeur de 256,2mg/l dans l'eau de robinet, ces résultats sont conformes à la norme algérienne (JORA, 2015).

Selon l'étiquetage des eaux embouteillées Qnniaa et Soumamm les concentrations de bicarbonates sont proches de celle de l'eau de robinet avec des valeurs de 259,02 et 243 mg/l respectivement.

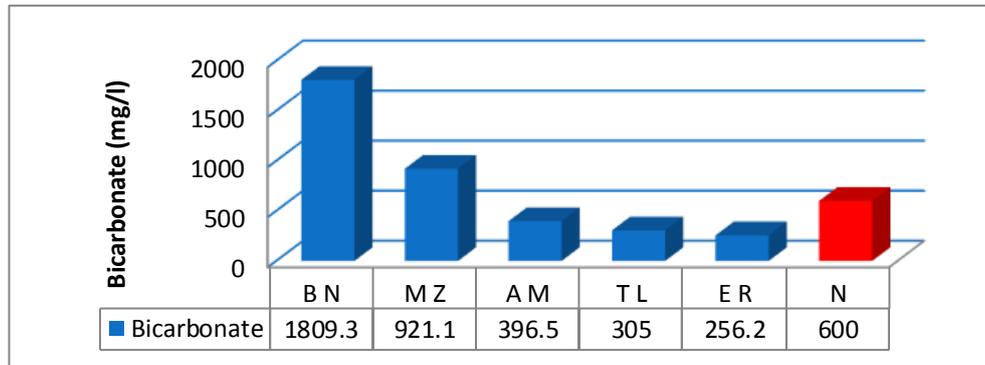


Figure III.5 : Variations de bicarbonate des eaux étudiées

Les bicarbonates dans les eaux (gazeuses) facilitent la digestion et calment les brûlures d'estomac grâce aux propriétés antiacides du bicarbonate de sodium. De ce fait, les eaux bicarbonatées sont bonnes pour les sportifs pour lutter contre l'acidité produite par le muscle lors de l'effort. (Labadi et Hammache, 2016).

Les eaux minérales gazeuses sont déconseillées pour la femme enceinte, la préparation du biberon et pour les jeunes enfants à cause du risque d'aérophagie. (Oumo, 2012)

1.6. Titre hydrométriques (dureté totale)

Ce paramètre nous permet de définir les degrés de dureté de nos échantillons ; l'eau qui présente une concentration de carbonate de calcium inférieure à 7°F est considérée comme une eau très douce ; entre 15 et 25°F, Nous parlons d'eau à dureté moyenne ; entre 25 et 42°F, d'eau dure ; et à plus de supérieur à 42°F, d'eau à dureté élevée (CFPTEP, 2015).

Selon les résultats indiqués dans la figure 3.3, nous constatons que les eaux analysées ont deux catégories ; elles sont soit des eaux moyennement dures, c'est le cas de : TL et ER, soit des eaux très dures : AM, MZ et BH. JORA (2015) et l'OMS (2006) fixent une norme de TH inférieure à 100 °F pour une eau convenable à la consommation humaine, toutes les eaux analysées sont conformes à cette norme bien que l'eau minérale BH soit à la limite de la norme avec un TH de 96.8°F.

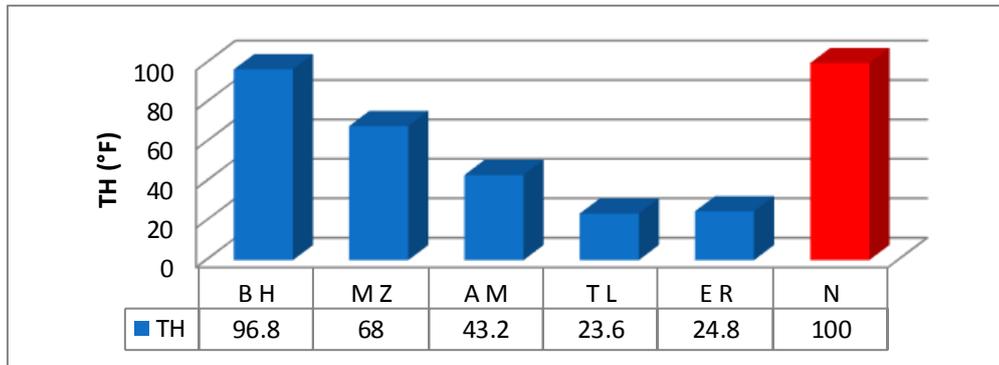


Figure III.6 : variations du TH dans les eaux étudiées

1.7. Le calcium

La teneur en calcium de l'eau minérale MZ et des eaux de sources « TL » et « AM » sont conformes aux normes **JORA (2015)** avec les valeurs 178.2, 144.28, 72.14 mg/l respectivement. Il est de même pour l' « ER » qui contient une teneur de 80.16 mg/l.

Seules l'ER et l'eau de source TL répondent aux exigences de l'OMS (2006) ; en effet leur teneur en calcium ne dépasse pas 100mg/l.

Les eaux des deux sources sont considérées selon **CEE (2009)** non calciques ($Ca^{2+} < 150$ mg/l). Cependant la teneur en calcium de l'eau minérale « BH » est la plus élevée avec une valeur qui dépasse la norme JORA (463.32 mg/l). Le seuil gustatif de l'ion calcium est compris entre 100 et 300 mg/l, selon l'anion associé, et des concentrations plus élevées sont acceptables pour les consommateurs (**WHO. 2009**).

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (**Rodier et al, 2009**).

Plusieurs eaux minérales, commercialisées en Algérie renferment des teneurs supérieures à 100mg/l comme celles de Qniaa, Sidi Rached et Mileza (**Sekiou et Kellil, 2014**).

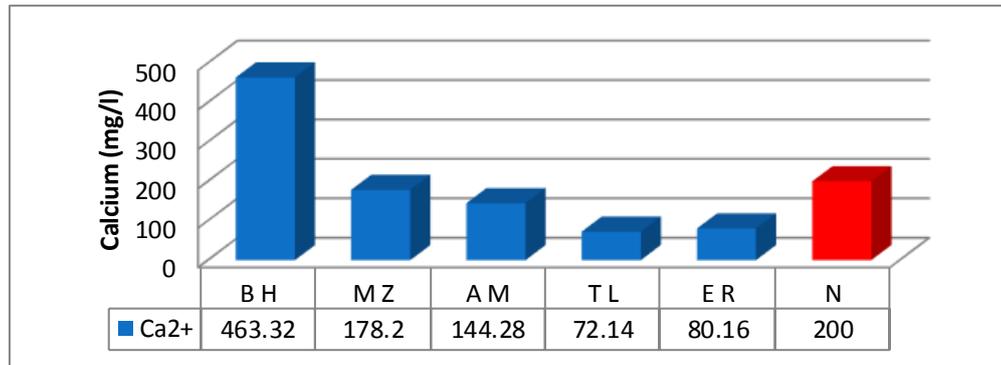


Figure III.7 : variation de calcium dans les eaux étudiées

Les personnes qui souhaitent compléter leur apport alimentaire ou médicamenteux en calcium peuvent choisir des eaux qui en contiennent naturellement (**CSEM, 2008**)

Les eaux riches en calcium répondent aux besoins des femmes ménopausées (pour renforcer la solidité de ses os) et des enfants pour leur croissance osseuse et dentaire. Leur consommation avec modération permettent aussi une augmentation du volume urinaire et donc de la diurèse, ce qui assure un bon lavage des cavités rénales et des voies urinaires, ainsi qu'une bonne élimination des déchets (**Oumo, 2012**).

1.8. Magnésium

Les origines du magnésium sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à fortes teneurs en magnésium, et l'échange cationique sont à l'origine la plus probable de magnésium dans les eaux et de source. (**Parisot, 2008**). Les concentrations en magnésium oscillent dans l'intervalle des valeurs, [63.18 à 11.33mg/l] fixées par la norme de potabilité du **JORA (2015)**.

Les eaux minérales BH et MZ sont les plus riches en magnésium avec des teneurs de 63.18 et 55.5mg/l respectivement. Cependant, les eaux de sources AM et TL ainsi que l'ER renferment des teneurs qui ne dépassent pas 17mg/l. Les teneurs en magnésium dans les eaux minérales et de sources embouteillées varient considérablement, **Medfouni (2019)** a rapporté des teneurs qui varient entre 2,64 et 37 mg/l pour les eaux de sources est entre 3.16 et 75 mg/l pour les eaux minérales.

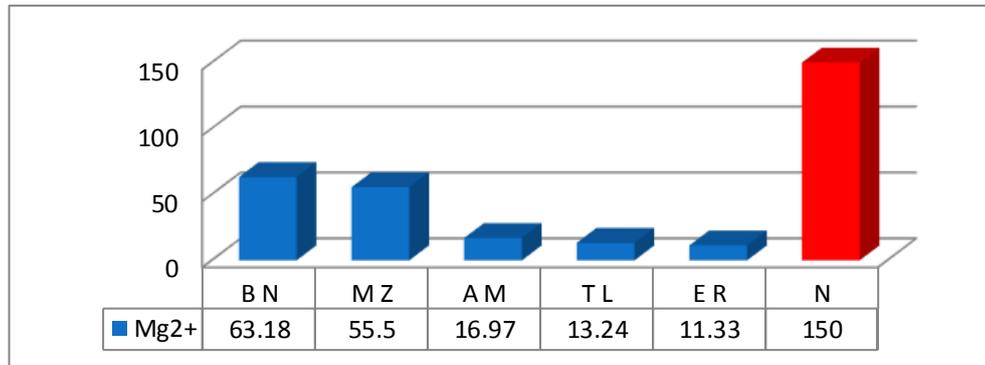


Figure III.8 : variation de magnésium des eaux étudiées

Le Mg est un élément indispensable au métabolisme du corps humaine, car il est indispensable à la régulation de la perméabilité cellulaire, une concentration forte de cet élément perturbe gravement les fonctions cardiovasculaires, neuromusculaire et sur toute rénales. L'inconvénient le plus évident de la présence de Magnésium dans l'eau potable est son effet laxatif (**Bokovay, 1986**).

1.9. Conductivité et TDS

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu.

TDS correspond à la masse de la totalité des cations, anions et toutes autres espèces non dissociées présentes dans un litre de solution aqueuse, il permet la surveillance de la pureté des eaux, contrôle des eaux potables, et l'estimation du nombre total d'ions dans une solution **TDS (RadiometerAnalyticalSAS, 2004)**

L'analyse des résultats montre que les valeurs de conductivité et TDS sont proportionnellement liées.

Dans la **figures III.9** nous observons des valeurs très élevées (2021 et 378 mg/l) de TDS et conductivité respectivement pour l'eau minérale BH dépassant les normes JORA (**2015**) et OMS (**2006**). Par contre, l'eau minérale de MZ et les eaux de sources AM et TL ainsi que l'eau de robinet sont conformes aux normes avec des valeurs de TDS, qui varient entre 285 et 903 mg/l et des valeurs de conductivité qui varient entre 587 et 3870 mg/l.

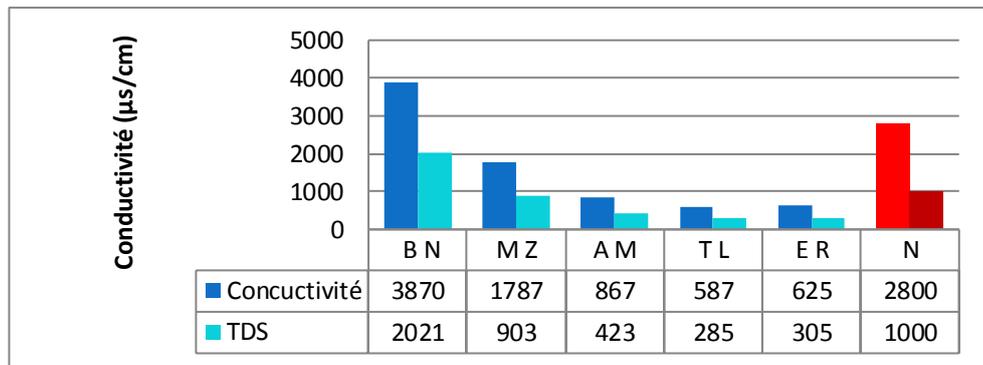


Figure III.9 : variations de la conductivité et TDS

Les concentrations élevées de TDS ont des effets négatifs sur le goût, Il est recommandé que les eaux contenant plus de 500 (mg/L) TDS ne soient pas utilisées si d'autres approvisionnements moins minéralisés sont disponibles. Cela ne signifie pas que toute eau supérieure à 500 mg/L est inutilisable, car il semble que les personnes qui boivent de l'eau contenant des dissous élevés s'y habituent avec le temps et n'en ressentent aucun effet néfaste (**North Dakota, 2021**).

1.10. Salinité

Nos résultats, montrent que les valeurs de la salinité s'étalent entre 0.91 et 2.06%, ces valeurs restent inférieures à la concentration maximale décrétée par les normes Algériennes et OMS (**2006**), sauf l'eau de BH qui dépasse la norme avec une valeur de 2.06% ce qui signifie qu'elle est riche en sels dissouts, chlorure de sodium, chlorure de magnésium, sulfate de magnésium...etc. (**Futura Sciences, 2021**).

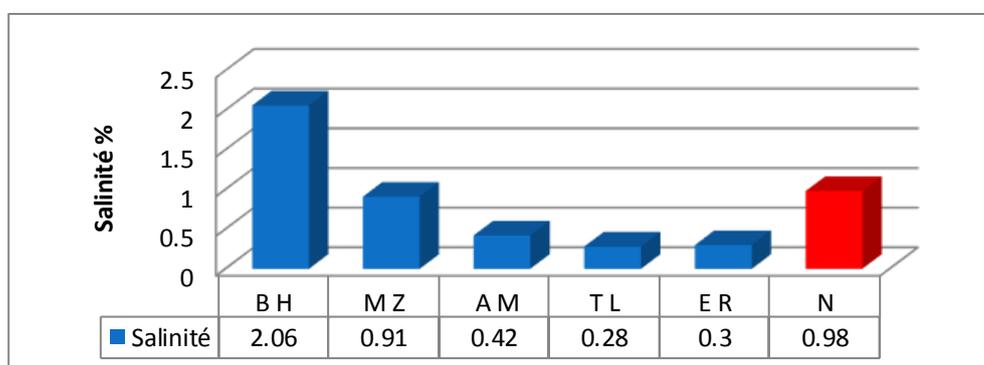


Figure III.10 : variations de la salinité des eaux étudiées

1.11. Oxygène dissous

Les résultats montrent que toutes les valeurs obtenus ne sont pas conformes à la norme de l'oxygène dissout **JORA (2015) et OMS (2006)**, les eaux analysées oscillent dans une marge de

8.8 et 8,97mg/l bien que l'eau minérale MZ dépasse légèrement la limite avec une valeur de 5,86mg/l.

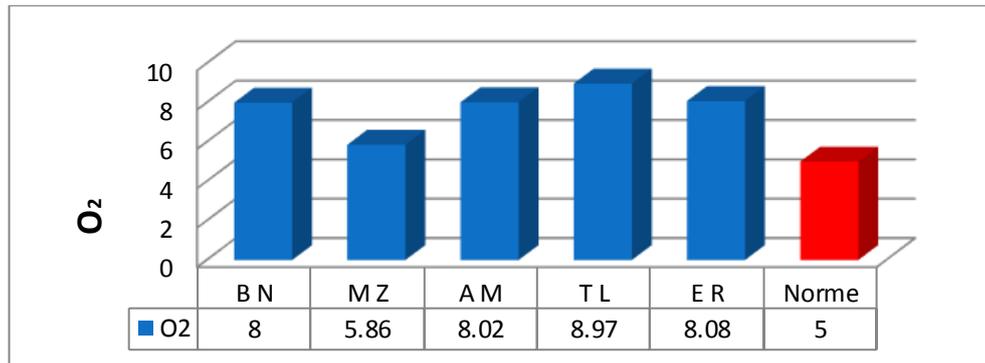


Figure III.11 : variations d'O₂ des eaux étudiées

L'oxygène dissous (O₂) est très important par le fait qu'il conditionne l'état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques (**HCEFLCD, 2007**). L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utile pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution Sa présence dans les eaux de sources (**Hebert et Légaré, 2000**). La concentration d'oxygène dissous évolue essentiellement sous l'influence de l'activité biologique des micro-organismes présents le long de la colonne d'eau et aussi en fonction du mélange adventif avec d'autres masses présentant des concentrations en oxygène

1.12. Chlorure

Les chlorures sont très répandus dans la nature ; leur teneur dans les eaux très variable est liée principalement à la nature des terriens traversé (**Sabrina, 2017**)

Nous enregistrons des concentrations de chlorure conformes à la norme Algérien et Européenne dans les eaux de sources AM (53.17mg/l) et TL (42.52mg/l), ainsi que dans l'eau de robinet (51.76 mg/l). L'eau de MZ est également conforme à ces deux normes mais avec une valeur plus élevée (158.82mg/l) (figure3.6).

Ces eaux à faible teneur en Chlorure sont de qualité excellente selon la classification données au (**tableau 2.3**), Elles sont bénéfiques à la santé humaines dans le cas de vomissements et les diarrhées répétées qui font perdre à l'organisme son chlore et provoquent ainsi des crampes musculaires et une grande fatigue ; elles stimulent la sécrétion gastrique et ont une action de protection du foie des composants toxiques (**Thomas, 2014**).

En considérant le même paramètre, l'eau minérale BH est jugée de qualité moyenne avec une concentration élevée (414mg/l) Selon le tableau (**tableau 2.3**)une concentration élevée de chlorure nuisent le goût de l'eau en lui conférant une saveur salée à partir de 250 mg/l (**Vinland et al., 2001**). Qui constitue le seuil accepté par la réglementation européenne (**CEE, 2009**).

Selon l'étiquetage des eaux embouteillé consommées sur le marché algérien nous constatons que les marques Sidi Rached et Arwa affichent une teneur proche en chlorure que celle de de l'eau de robinet et AM ; cependant, Guedila et Toji sont semblables au l'eau TL avec des teneurs en chlorure de 40 et 43,76 mg/l respectivement.

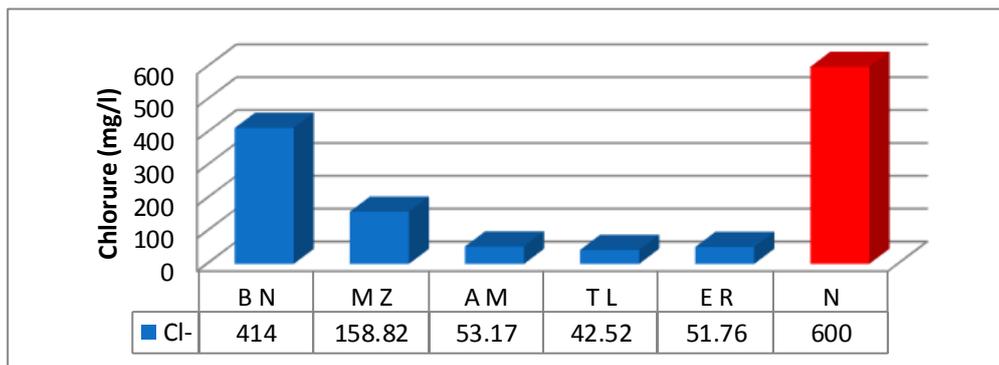


Figure III.12 : variation de chlorure des eaux étudiées

Les eaux très salines sont utilisées pour leurs effets médicaux mais elles sont à éviter chez certains sujets qui suivent un régime hyposodé (**Oumo, 2012**).

1.13. Le nitrate, nitrite et l'ammonium

La pollution par les nitrates des eaux superficielles et nappes phréatiques, conduit à une augmentation sensible de la teneur en nitrate de l'eau (**Mouffok, 2009**)

Les résultats obtenus en nitrate et ammonium dans les eaux analysées est égal à zéro.

Les concentrations maximale en nitrite dans les eaux Ben Haroun et Mouzaia indiquent des valeurs 0.1, 0.02g/l respectivement, sachant qu'une concentration à 1 mg/l est un signe de pollution.

Comme il est indiqué sur les figures les résultats montrent qu'il y a aucun signe de présence de nitrite, nitrate et de l'ammonium dans les eaux, et donc elles sont conformes à la norme algérienne qui indiquent une valeur maximale de 0.1 mg/l.

Tableau III.1 : variation de nitrate, nitrite, et l'ammonium dans les eaux analysées

	BH	MZ	AM	TL	ER	Norme
Nitrate	20	20	00+	00	43	50
Nitrite	0.1	0.02	0.02	00	00	0.1
Ammonium	0.02	0.03	0.01	0.025	0.018	0.5

Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats obtenus ont été comparés aux normes de qualité microbiologique (**JORA 2017**).

Tableau III.2 : Résultats des analyses bactériologiques effectuées.

Germes	Ben haroun	Mouzaia	Ain moussa	Trab lahmer	Eau de robinet	Normes JORA
Coliformes totaux	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Escherichia coli	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Entérocoques	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
Anaérobies sulfito-réductrices	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence

D'après les résultats obtenus, nous avons noté une absence totale de tous les germes pathogènes qui peuvent contaminer l'eau de consommation, ce qui signifie que la qualité microbiologique de nos prélèvements est bonne et satisfaisante.

Conclusion

Ce travail a pour but d'évaluer la potabilité des eaux de sources et l'eau de robinet qui sont non exploitées et d'évaluer la qualité des eaux minérales Ben Haroun et Mouzaia par des analyses physico-chimiques et bactériologique.

Après la comparaisant des résultats avec les normes nationales et internationales (JORA, OMS et CEE) nous constatons que les eaux étudiées respectent les normes à l'exception de l'eau Ben Haroune et Mouzaia qui dépassent les normes de quelques paramètres physico-chimiques.

On note que la marque Ben Haroune est considérée comme étant une eau très riche en sels Minéraux, suivie de la marque Mouzaia et Ain Moussa et qui sont moyennement minéralisées, l'eau de TrabLahmer et L'eau de Robinet sont faiblement minéralisés

L'eau de Ben Haroun est une eau fortement minéralisée, elles dépassent les normes dans tous les paramètres physico-chimiques à l'exception de pH, Température, Magnésium, et le TH qui est à la limite de la norme. Cette eau est fortement minéralisée, elle est conseillée pour diurétiques, laxatifs, antifatigue, problèmes de digestion ou en cas d'estomac sensible, en cas de lithiases uriques, pour les sportifs, les adultes, en cas de l'ostéoporose, pour les femmes pré ménopausées, et à éviter en cas régime sans sel chez les personnes qui souffrent de problèmes cardiaques et d'insuffisance rénale.

L'eau de Mouzaia est une eau moyennement minéralisées. Les paramètres physico-chimiques sont conformes aux normes sauf le bicarbonate, elle est recommander pour les personnes qui ont un problème de digestion et les sportifs.

L'eau de Trablalmer et L'eau et Robinet ont presque la même teneur en sels minérales qui sont conformes aux normes, ces eaux sont à recommander pour tout Age et la préparation de biberon Bien que les goûts et les odeurs sont sans effets sur le consommateur, certes, ils sont considérés comme des indicateurs de qualité.

La classification des eaux en fonction de la concentration en magnésium et calcium montrent que :

-L'Eau de source Ain Moussa et les eaux minérales Benharoun et Mouzaia sont considérées comme étant des eaux très dures.

- l'eau de source TrabLahmer et le de Robinet sont moyennement dure.

Conclusion

-les résultats des paramètres de pollution dans tous les eaux analysées (nitrate, nitrite et l'ammonium) indiquent que tous les eaux étudiées sont non polluées et microbiologiquement saines.

-De part, sur le plan microbiologique, les résultats obtenus à partir des différentes analyses effectuées indiquent l'absence totale des germes de contamination fécale c'est un signe d'inexistante de pollution.

D'autre les résultats d'analyse obtenue, nous pouvons donc conclure, que les eaux de sources (AM et TL) ainsi que l'eau de robinet qui sont non exploitées et les eaux minérale (BH, MZ) sont potable et de bonne qualité physico-chimique bactériologique.

Enfin nous pouvons dire que les sources Ain Moussa et TrabLahmer ainsi que l'eau de robinet méritent l'exploitation

Références bibliographiques

A

AFNOR, (2005). Qualité de l'eau. Edition AFNOR. P 344.

APHA, AWWA, WEF (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater, 22 e édition. American Public Health Association, American Water Works Association ET Water Environment Federation, Washington D.C.

Ayad, W. (2017). Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el Harrouch (wilaya de Skikda) , Thèse de Doctorat université de Annaba.

B

Beaulieu P, Fisset B. (2009).Eau du robinet : une exigence de qualité.... Cah Nutr Diététique ;44(6):294-301.

Belghiti, ML . Chahlaoui , A . Bengoumi , D . El Moustaine, R .(2013) . Etude De La Qualite Physico-chimique Et Bacteriologique Des Eaux Souterraines De La Ppe Plioquaternaire Dans La Région De Meknès (Maroc). LARHYSS Journa Volume10, Numéro 3, Pages 21-36.

Boudia et Bouameur, (2016).Caractérisationhydro chimique et qualité des eaux souterraines de la nappe karstique de saïda.Mémoire de master. Universitédr. Moulay tahar de saïda.

Bokovay , G. (1986). Magnésium . Dans : Annuaire des minéraux du Canada 1985. Aperçu et perspectives Direction des ressources minérales , Energie , Mines et Ressources Canada , Ottawa (1986).

Bouziani,M.(2000). L'eau de la pénurie aux maladies . Edition Ibn - Khaldoun .

C

CEE 2009 : CEE (2009). Directives /54/CE du parlement Européen et du conseil du 18 juin 2009 relatives à l'exploitation et à la mise dans le commerce des eaux minérales naturelles, Journal **Centre d'expertise en analysneennverenmentale du Québec. (2015).** Méthode d'analysefficiel de l'Union Européenne, L164/45 du 26/06/2009.

CFPTEP, (2015), Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada:<https://www.canada.ca/content/dam/hcsc/documents/services/publications/healthy->

Références bibliographiques

living/guidelines-canadian-drinking-water-quality-guideline-technical-document-ph-fra.pdf.

Consulté le 19/03/2018.

CSEM,(2008). La Chambre Syndicale des Eaux Minérales . L'eau minérale naturelle : Un produit naturel et protégé, une industrie responsable, un emballage recyclable.

C.I.E. (2005). Centre d'information sur l'eau. www.Cieau.com.

Chocat, B. (2015). L'eau du robinet est-elle différente de l'eau embouteillée.

Cotruvo, J.(2006). Health aspects of calcium and magnesium in drinking water conditioning and purification. Water Conditioning and Purification, pp. 1–5.

Coulibaly, K. (2005). Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de doctorat, Université de Bamako.

Coulture, I., & Mountérégie-Est, M. A. P. A. Q. (2004). Analyse d'eau pour fin d'irrigation. AGRI.VISION. 8p.

CRPEA, (2007). Centre régional pour l'eau potable et l'assainissement à faible coût centre collaborant de l'OMS. Janvier 2007. Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

CSEM, (2008). Chambre Syndicale des Eaux Minérales. L'eau minérale naturelle : Un produit naturel et protégé, une industrie responsable, un emballage recyclable.

C. S. de la Santé , (2009) . Recommandations nutritionnelles pour la Belgique . Bruxelles : SPF Santé Publique , Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement.

D

DEGREMONT ., (1989) « Mémento technique de l'eau », 8^{ème} Edition.

Delarras. C et Trebaol. B.(2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, prélèvements, analyse. Edition Tec et Doc- Paris. P 11, 70, 71, 83, 92, 107 w

Delarras, C. (2014). Pratique en microbiologie de laboratoire ? Recherche de bactéries et de levures-moisissures 800 p – p203.

DERWICHE. et al ., (2010) « Caractéristique physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès », Larhyss Journal, n°08, Juin, 101-112.

Références bibliographiques

DESIARDINS RAYMOND., (1990). «Le traitement des eaux éme ED de l'Ecole polytechnique de Montréal ».

Dutra-de-liveira, J. E. Marchini, J.S. Lamounier, J. Almeida, C. A. N. (2011). Iron-Fortified drinking water studies for the prevention of children's anemia in developing countries. *Anemia*, pp. 1–5.

J

DGCCRF.Noted'informationn°2013-35communicabl eau sens de la loi du 17 juillet 1978.

Dutra-de-Oliveira, J. E. - Marchini, J. S. – Lamounier, J. – Nogueira, C. A.(1994). Drinking water a Universal micronutrient carrier anemia prevention with fortified water. *Journal of the American College of Nutrition*, 13(2): 54–59.

E

EFSA. (2006). European Food Safety Authority. Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals.

Euzen A, Levi Y. (2013). Tout savoir sur l'eau du robinet.

Enmilia A., Monettea F., Yahyata C., Amora M., Hedhlib A. et Azzouz A. (2020).Aluminosilicate-catalyzed electrochemical removal of ammonium cation from water kinetics and selectivity. *Environmental Research*, Vol.185, P.10, 1p.

F

Futura sciences, 2021 <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-salinite-4406/>, consulté le 04 / 07 /2021.

Foulon,V. (2015). Eaux minérales naturelles : quelles spécificités ? *Cah Nutr Diététique*; 50:S30 7.

FUNASA. (2013). Fondation Nationale de la Santé. Manuel pratique d'analyse de l'eau, 4ème édition Brasilia, Brésil. 150p.

G

Références bibliographiques

Gaujour, D. (1985) : La pollution des milieux aquatiques: Aide-mémoire. 2ème Edition: revue et augmenté.

Galan, P. Arnaud, M. J. - Czernichow, S. - Delabroise, A.-M. - Preziosi, P. - Bertrais, S. - Franchisseur, C. - Maurel, M. - Favier, A. - Hercberg, S. (2002). Contribution of mineral waters to dietary calcium and magnesium intake in French adult population. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(11): 1658–1662.

Ghazali, D. Zaid, A. (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknes –Maroc), *Larhyss Journal*, n° 12.25-36p.

H

Hasly, C et Lerlec, H.(1993). *Microbiologie des eaux d'alimentation*. Édition Lavoisier_ paris. P 66, 68, 101, 108, 110.

HCEFLCD, (2006). Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settàaat, 201p.

HCEFLCD, (2007). Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification . Etude diagnostique de la zone humide AL Massira Faija , cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc) , 242p . Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte.

Hazzab, A. (2011). Les eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Vol (343). *Géosciences*, p20-31.

Honeyfield, D.C. et Froseth, J. A.(1985). Effects of dietary sodium and chloride on growth, efficiency of feed utilization, plasma electrolytes and plasma basic amino acids in young pigs. *J. Nutr.*, 115 : 1366.

J

Jaina, A., Kapuler, S., Govendo, S., Serban, I. et Eliahou, H.E. (1980). Blood pressure and renin activity in Na⁺, Cl⁻, or NaCl loading in rats. *Miner. Electrolyte Metab.*, 3 : 276 (1980).

JORA, (2004). *Journal Officiel de la République Algérienne* N° 45 , Décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425 correspondant au 15 juillet 2004 relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source, p 9-10

Références bibliographiques

JORA, (2006). Journal officiel de la République algérienne. Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées. P 9

JORA, (2013). Journal Officiel de la République Algérienne, Arrêté du 21 Moharram1434 correspondant au 5 décembre 2012 rendant obligatoire la méthode de détection et de dénombrement de Pseudomonas aeruginosa dans l'eau par filtration sur membrane. p 22.

JORA, (2015). Journal officiel de la République algérienne. Arrêté interministériel du 29 Dhou El Hidja 1435 correspondant au 23 octobre 2014 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de

JORA , (2017). Journal officiel de la République algérienne. Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires.

K

Kellil,A. Sekiou ,F.(2014).Caractérisation et classification empirique, graphique et statistique multivariable d'eaux embouteillées de l'Algérie : Sciences hydraulique, Lahryss journal, 20 : 225-246.

Khaldi , F. , Smati , H. , Grara , N. , Smati , N. , Maizi , N. , Boukehili , K. , &Gheid , A. (2018) . Mesure et contrôle des propriétés de quelques eaux souterraines de l'agglomération d'Ouled Driss , Algérie . Environnement , Risques Sante , 17 (3) , 253-261 .

L

Labadi, A.S., Hammache, H. (2016). Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en algérie. Larhyss Journal, N°28, p319-342.

Laires MJ, Moreira H, Monteiro CP, Sardinha L, Limao F, Veiga L, et al. (2004).Magnesium,insulin resistance and body composition in healthy postmenopausal women. J Am Coll Nutr; 23(5):510S-3S.

Références bibliographiques

Lee, C-M., Hamm S-Y., Cheong J-Y., Kim K., Yoon H., Kim M., et Kim J. (2020). Contribution of nitrate-nitrogen concentration in groundwater to stream water in an agricultural headwatershed. *Environmental Research*, vol. 184, P.15, 3p.

Lebras. (2002). Les anaérobies en hygiène alimentaire. Institut Pasteur d'Algérie. Fichier pdf.

Latifi, S.(2019). Etude de la vulnérabilité des nappes aquifères de la région de Guelma et évaluation du rôle des STEP dans la protection des eaux. Thèse de doctorat, université de Guelma.

M

Magnésium. (1978).

Malleval, A., Suffeti. J. (1991). Effet de l'ozone sur les goûts et les odeurs. Ozone et ozonation des eaux. Edition Lavoisier 1991. p 103.

Marie, G. (2012). L'eau minérale naturelle une alternative pour compléter les apports alimentaires en calcium des adolescents. Nestlé waters France.

Maïga , A. S. (2005) . Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM . SA dans la ville de Bamako Evaluation saisonnière (Doctoral dissertation , Thèse de pharmacie Bamako).

Maza L., Pezzlo M., Bittencourt C., et Peterson E. (2020). Atlas des couleurs de la bactériologie médicale. Ed. Amerietan Society for Microbiology, P. 453, 25-145p.

Medfouni, R. (2019). Analyse et classification Hydro chimique et statistique multi variables des eaux embouteillées en Algérie. Mémoire de fin d'étude, Université Larbi Ben M'hidi– OUM EL BOUAGHI .

MERIEM , G. W. R. (2020) . Caractéristiques physico - chimiques de l'eau potable de la région de M'sila (Dréat , Souamaa , Newara) (Doctoral dissertation , UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

Muhammad,M et Aniket,Y.(2013). Assessment of Drinking Water Quality and its Impact on Residents Health in Bahawalpur City, Vol. 3 No. 15.

Monique. T.H et Beaudry. J.P. (1992). Chimie des eaux. 2ème édition Québec. P 64, 71,95.

Références bibliographiques

Mouffok, (2009). Méthodes générales des examens microbiologiques des eaux, Institut Pasteur.

N

Nguyen Ba. C. (2020). Eau thermal : minéralité et autres composants annales de dermatologie et vénéréologie 147, 1514-1519.

Nielsen FH, Milne DB, Klevay LM, Gallagher S, Johnson L. (2007). Dietary magnesium deficiency induces heart rhythm changes, impairs glucose tolerance, and decreases serum cholesterol in post menopausal women. J Am Coll Nutr ; 26(2):121-32.

North Dakota, (2021). Department of ND Environmental Quality Chemistry Division Ave. Bismarck, N.D. 58501

Y

Yusof AA., Bakri S. et Misha S. (2019). TDS and pH Analysis for Water Quality Monitoring in Water Hydraulics Food Processor. International journal of integrated engineering. Vol. 11, P. 218- 220, 220p.

O

Olivaux, Y. (2010). La nature de l'eau.

Ouanes, M. (2020). Effet De Changements Climatiques Sur La Qualité Des Eaux Souterraines De La Plaine De F'kirina De La W. D'oum El Bouaghi [Thèse de Doctorat, Université 8 Mai 1945 - Guelma].

Oumou, S. (2012). Contribution à une meilleure connaissance de la réglementation et de la composition physico-chimique des différentes marques d'eau minérale vendues au MALI. Thèse de Doctorat d'état, Université. De Bamako, 156 p.

OMS, (2004). Organisation mondiale de la Santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition- OMS [archive].

OMS, (2015). Organisation mondiale de la Santé. La qualité des eaux conditionnées en Fr.

P

Parisot, M. (2008). Contrôle de surveillance de la qualité des masses d'eau souterraine de la Guyane conformément à la Directive Cadre Européenne sur

Références bibliographiques

l'Eau : saison des pluies 2008 Rapport final BRGM/RP-56890-FR

Potelon. J-I et Zysman. k. (1998). Le guide des analyses de l'eau. Édition : La Lettre du Cadre Territorial. P 71, 75, 77, 89, 97 121, 205, 253, 260, 310.

Prescott, Harley. Klein, Wiley, Sherwood et Woolverton. (2010). Microbiologie 8ème édition : Groupe De Boeck s.a., p 559.

R

Rio B. (2006). L'eau et la vie. Paris: Éditions du Dauphin.

Ruch Y., Hansmann Y., Riegel P., Lefebvre N., Mazzucotelli J., Douiri N. et Argemi X. (2019). Pathogénicité des streptocoques impliqués dans les endocardites infectieuses. Médecine et Maladies Infectieuses. Ed. Elsevier, P. 49, 4 p.

Rodier. J, Bazin. C, Brouton. J.P, Chambou. P, Champseur. H. (1978). Analyse des eaux 6ème édition : DUOND-Paris. p 872.

RODIER J., (1984). « L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. » Edition .Dunod. Paris

Rodier. J, Bazin. C, Brouton. J.P, Chambou. P, Champseur. H. (1996). Analyse de l'eau 5ème édition : DUNOD-Paris. 1384 p.

Rodier. J, Bazin. C, Brouton. J.P, Chambou. P, Champseur. H. (2005). Analyse de l'eau 8ème édition : DUNOD-Paris .P 945, 947, 954, 1132

Rodier, J. (2009) .L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. (9ème édition). Paris : Dunod.

S

Sabrina, F. (2017). Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxapatite dentaire. Influence de différents paramètres. Thèse de Doctorat d'état, Université Djillali Liabes, Sidi Bel Abbès.

Sackmann, B. et Neher, E. (1984). Patch clamp techniques for studying ionic channels in excitable membranes. Annu. Rev. Physiol., 46 : 455.

Références bibliographiques

Santé Canada. (2013). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. Le nitrate et le nitrite. Document technique le nitrate et le nitrite. Ottawa (Ontario).

Santé Canada. (2015). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique — Le pH. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario).

Savary, P. (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, France

Sincero, A. et Sincero, G. (2003). Physical and chemical treatment of water and wastewater. IWA Publishing, Londres, Royaume Uni.

T

Taleb, S. (2005). Confrontation des normes algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS).

Thomas, F.b. (2014). Les vertus des eaux minérales.

Toto, R. D., Hulter, H. N., Mackie, S., & Sebastian, A. (1984). Renal tubular acidosis induced by dietary chloride. *Kidney international*, 25 (1), 26-32.

V

Vaillant, J.R. (1973). Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution. Édition Eyrolles. p 08, 09, 61.

Viland, M., Montiel, A., Duchemin, J., Zarrabi, P. (2001). Eau et Santé. Editions du Gret. Paris (France) : Groupe de recherche et d'échanges technologiques, p109.

Vilagines, R. (2000). Eau. Environnement et santé publique : Introduction à l'hydrologie. 2ème édition. P 218 Potelon. J - I et Zysman.k, 1998. Le guide des analyses de l'eau. Édition : La Lettre du Ca Territorial. P 71, 75, 77, 89, 97, 121, 205, 253, 260, 310. O.M.S : Surveillance de la qualité de l'eau de boisson, Genève 1977

W

Références bibliographiques

Weaver CM, (2001). Calcium. In: Bowman B, Russel R, editors. Present knowlegde in Nutrition. Washington DC.: Ilsi; 273-80.

WHO (2009) Calcium and magnesium in drinking-water: public health significance. Geneva, WorldHealthOrganization

(http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241563550_eng.pdf).

Y

Yusof AA., Bakri S. et Misha S. (2019).TDS and pH Analysis for Water Quality Monitoring in Water Hydraulics Food Processor. International journal of integratedengineering. Vol. 11, P. 218- 220,220p.

Z

Zella, L. (2015). Irrigation eau sol et plante. Ed. OPU, P. 388, 95 p.L'eau est un élément essentiel de l'être humain et sa consommation quotidienne nécessite une surveillance attentive au niveau physicochimique pour obtenir une eau de bonne qualité.

[1] <https://images.app.goo.gl/AJ4VzLs7QfN78k8V8>

[2] <https://images.app.goo.gl/GKAFpWE2w2jBBT6k8>

[3] <https://images.app.goo.gl/VaoHYi9AJ6Z35EAJ6>

[4] <https://www.google.com/imgres?imgurl>

Annexes

Annexe I

➤ Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques

Appareillage

- Multi-paramètres
- Etuve
- Spectrophotomètre UV
- PH mètre
- Thermomètre

Verrerie et Matériels consommables

- Béchers graduée stériles
- Burettes
- Erlen Meyer
- Fioles graduée
- Pissette
- Pipette graduée

Réactifs, colorants et produits chimiques

- **TH**

- Solution étalon de calcium à 100mg/l
- Solution d'EDTA 0.01 mol/l
- Solution tampon à pH 10
- Indicateur coloré Une pincée de noir eriochrome T.

- **TAC**

- Solution d'acide chlorhydrique 0.1N
- Solution phénolphtaléine
- Hélianthine

- **Calcium et Magnésium**

- Solution étalon de calcium à 100mg/l
- Solution d'EDTA 0.01 mol/l :
- Solution d'hydroxyde de sodium 2N - Indicateur coloré Une pincée de Murexide

- **Chlorure**

- Solution de nitrate d'argent (AgNO_3) à 0,02 mol/L
- Solution d'indicateur de chromate de potassium ($\text{K}_2 \text{CrO}_4$) à 100 g/L
- Solution étalon de chlorure de sodium (Na Cl) à 0.02 mol/L

- **Ammonium**

- Réactif coloré
- Solution de Dichloroisocyanurate de sodium
- Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/L
- Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/L
- Solution de lavage

- **Nitrites**

- Réactif mixte (Sulfanilamide + N-1-Naphtyl éthylène diamine)
- Solution étalon mère de nitrites 100 mg/L
- Solution étalon fille de nitrites 1 mg/L

- **Nitrate**

- Solution de salicylate de sodium à 0,5 %
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 30 %
- Acide Sulfurique (H_2SO_4) concentré
- Tartrate double de sodium et de potassium
- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/L
- Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/L

➤ **Matériel utilisé pour les analyses bactériologiques**

Appareillage

- Autoclave
- Etuve
- Bec bunsen
- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisable à la flamme (millipore)
- Bain marie
- Glacière
- Incubateurs

Annexes

- Chalumeau
- Hotte

Verrerie et matériels consommables

- Boîtes de Pétrie stériles
- Membranes de filtration stériles 0,45 µm et 0.22 µm
- Flacons en verre de 1L stériles
- Pincés

Milieux de culture

- Gélose lactosée au TTC et Tergitol.
- Gélose de Slanetz et Bertley avec TTC.
- Gélose Bile Esculine Agar (BEA).
- Gélose Viande-Foie (VF).
- Gélose au cétrimide.
- Gélose King A.
- Gélose King B.

Composition des milieux

- **Gélose lactosée au TTC et Tergitol**

- Peptone	10,0 g
- Extrait de viande.....	5,0 g
- Extrait de levure	6,0 g
- Lactose.....	20,0 g
- Bleu de bromothymol	0,05 g
- Agar	13,0 g
- Eau distillée	1000 ml
-pH = 7,2 ± 0,2	

- **Gélose de SLANETZ et BARTLEY**

- Tryptose.....	20,0 g
- Extrait autolytique de levure.....	5,0 g
- Glucose	2,0 g.
- Phosphate dipotassique.....	4, 0 g
- Azide de sodium.....	0,4 g

Annexes

- Chlorure de 2, 3, 5- triphenyltetrazolium0,1 g
- Agar..... 10,0 g
- Eau distillée..... 1000 ml
- pH = 7,2 ± 0,2

- **Gélose Bile Esculine Agar (BEA)**

- Peptone..... 17,0 g
- Peptone pepsique de viande3,0 g
- Extrait de levure5,0 g
- Esculine..... 1,0 g
- Citrate de sodium..... 1,0 g
- Citrate de fer ammoniacal.....0,5 g
- Bile de bœuf déshydratée..... 10,0 g
- Azide de sodium.....0,25 g
- Chlorure de sodium.....5,0 g

- **Gélose Viande-Foie (VF)**

- Base viande foie.....30,0 g
- Glucose..... 2,0 g
- Agar..... 6,0 g
- Eau distillée1000 ml
- pH= 7,4 ± 0,2

- **Gélose au cétrimide :**

- Peptones26 g/l
- Bromure de tétradonium (cétrimide')0.2 g/l
- Acide nalidixique (présence facultative)..... 0.015 g/l
- Sulfate de potassium (K₂SO₄)10,0 g/l
- Chlorure de magnésium (MgCl₂)..... 1,4 g/l
- Agar10.0 g/l

- pH = 7.1
- **Gélose King A**
- Peptones dites « A »..... 20 g/l
- Glycérol10 g/l
- Sulfate de potassium (K_2SO_4).....10g/l
- Chlorure de magnésium ($MgCl_2$).....1,4 g/l
- Agar12g/l
- pH = 7.1
- **Gélose King B :**
- Peptones dites « B »..... 20 g/l
- Glycérol10 g/l
- Hydrogénophosphate de potassium (K_2HPO_4)..... 1.5 g/l
- Sulfate de magnésium heptahydraté ($MgSO_4, 7 H_2O$)1.5 g/l
- Agar12 g/l
- pH = 7

Annexe II :

Tableau : Résultats des analyses physico-chimiques.

Dosage des paramètres physico-chimiques	
Figure : dosage du titre hydrométrique	
Figure : dosage du titre alcalimétrique simple	
Figure : dosage du titre alcalimétrique complet	

Figure : dosage du chlorure



Figure : dosage du calcium



Figure : dosage du nitrate



Figure : dosage du nitrite



Figure : dosage de l'ammonium



Tableau : Résultats des paramètres physico-chimiques des eaux analysé (OMS, 2006 ; Hazzab, 2011 ; JORA, 2015).

Paramètres	Unité	Eau de robinet	Mouzaia	Ben Harou n	Ain moussa	Trabe lahmer	Norme JORA	Norme OMS
------------	-------	----------------	---------	-------------	------------	--------------	------------	-----------

Tableau : Classification des eaux minérales selon la composition ionique

Catégorie d'eau	Eaux
Eaux calciques : Teneur en calcium >150mg/l	Benharoun
Eaux sulfatées : Teneur en sulfates >200mg/l	Benharoun
Eaux magnésiennes : Teneur en magnésium >50mg/l	Benharoun
Eaux bicarbonatées : Teneur en bicarbonate >600mg/l	Benharoun, Mouzaia
Eaux pauvres en sodium : Teneur en sodium <20mg/l	/
Eaux chlorurées : Teneur en chlorure >200mg/l	Benharoun

Annexes

T°	°C°	21	23	19	19.4	21	25	25
pH	-	6.61	6.83	6.70	7.35	6.80	6.5-8.5	09
TH	°F	24.8	68.00	96.8	43.2	23.6	<100	<100
TA	°F	00	00	00	00	00	0.2	0.2
TAC	°F	21	75.5	133	32.5	25	50	60
Conductivité	µs/cm	625	1787	3870	867	587	2800	200-2000
Salinité	%	0.30	0.91	2.06	0.42	0.28	0.98	0.98
TDS	mg/l	305	903	2021	423	285	1000	1000
Turbidité	NTU	-	-	3.72	-	-	-	<5
Oxygène dissous	mg/l	8.08	5.86	8.00	8.02	8.97	08	05
Chlorure	mg/l	51.76	158.82	414	53.17	42.52	500	600
Calcium	mg/l	80.16	178.82	463.32	144.28	72.14	75-200	100
Magnésium	mg/l	11.33	55.5	63.18	16.97	13.24	150	50
Bicarbonate	mg/l	256.2	921.1	1809.8	396.5	305	>600	>600
Nitrate	mg/l		13.26	<20	-		50	50
Nitrite	mg/l		0.008	<0.1	-		0.1	0.1
Ammonium	mg/l		0.01	0.01	-		0.5	0.5

Tableau : Paramètres physico-chimiques des eaux de Sources

Eau	Concentration des cations en (mg/l)				Concentration des anions (en mg/l)				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
Besbassa	54.16	2.64	2	5	4	10	164.70	9	<0.01
Arwa	120	23	29.21	2.45	139	50	317	25	00
Ouwis	106	25	60	02	177	48.59	261	18.5	<0.01
Mileza	111	34	29	01	190	10	311	3.2	<0.01
Qniaa	11.66	26.97	48.22	2.48	66.66	92.12	259.02	12.39	0.01
Ayris	65.6	6.8	28.5	1.9	75	37	234.24	2.7	0.01
Toji	73.41	19.25	36	1.80	28.90	43.76	-	5.93	<0.01

Tableau : Paramètres physico-chimiques des eaux minérales

Eau	Concentration des cations en (mg/l)				Concentration des anions (en mg/l)				
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
Ifri	99	24	15.8	2.10	68	72	265	15	<0.02
Lala	53	07	5.50	0.54	07	11	160	0.42	00
Khadîdja									
Saida	68	50	58	02	65	81	376	15	00
Guedila	78	37	29	02	95	40	-	405	<0.01
Mouzaia	136	75	145	03	85	150	671	<20>	<0.02
Soumamm	114	32	71	2	196	78	243	19.20	<0.01

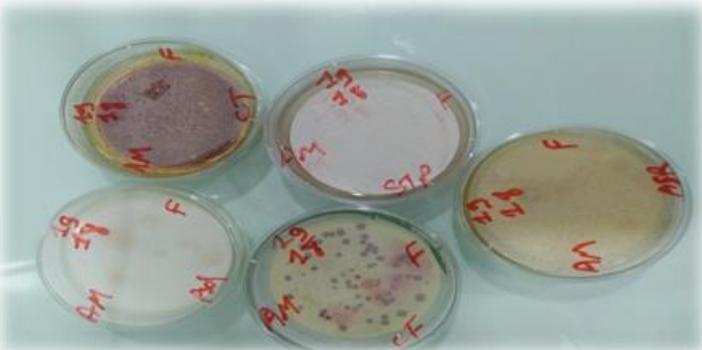
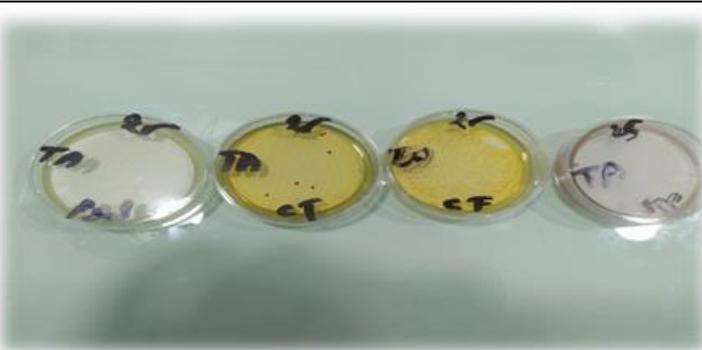
Tableau : Paramètres physico-chimique d'eau minérale et eau de source en France

Eau	Concentration des cations en	Concentration des anions (en mg/l)
-----	------------------------------	------------------------------------

Annexes

	(mg/l)								
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
Eau minérale (Manon)	49	26	482	39	45	27	1567	<1	-
Eau de source (Cristaline)	68	11	21	2	39	29	20.19	<1	-

Annexes 03

Résultats des analyses bactériologiques	
Eau Ben Haroun	
Eau Ain Moussa	
Eau Trabe Lahmer	
Eau de Robinet	