

(REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE  
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE

DEPARTEMENT BIOLOGIE



## MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Microbiologie Appliqué et fondamentale

### THEME

Analyses des eaux minérales embouteillées commercialisées dans la  
région de Laghouat

Présenté par :

Belkaibat Narimane Fatima Zahra , BENZAAD Khadîdja

Devant le jury :

- **Président** : Mr. CHAIBI Rachid Professeur à l'UATL
- **Rapporteur** : Mr. CHETATHA Mohamed (MAA) à l'UATL
- **Examineur** : Mr. ZEROUKI Mohamed Houcine (MAA) à l'UATL
- **Co- rapporteur**: Mr. HENICHE Ahmed (Ingénieur) à l'ADE

Année universitaire

2023/2024

# *Remerciement*

*Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui*

*Je tiens aussi à remercier M. BOUMECHRAOUI Abdellah, le Directeur du laboratoire d'analyses physicochimiques et microbiologiques à l'ADE (Algérienne Des Eaux) et M. HENNICH Ahmed, chef service du laboratoire qui m'ont permis de bien s'adapter en faisant les travaux expérimentaux nécessaires, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr CHETATHA Mohamed , on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire J'exprime également mes remerciements aux membres de jury Mr. CHAIBI Rachid et Mr. ZEROUKI Ahmed Houcine*

*Enfin nous remercions toutes personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.*

# *Dédicace*

*Avant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.*

*Je tiens à dédier ce mémoire à mon cher papa (Elhadj Aissa), mon héros, en témoignage de ma reconnaissance pour son amour et ses sacrifices et pour ses soutiens moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études.*

*A ma chère mama (BAADJ Aicha) qui n'est jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

*À ma chère sœur wissame et mes frères Aimen , Mahdi et notre prince Nouh pour son amour .*

*À mon adorable cousine Zahra qui n'est pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu le-protège et leur offre la chance et le bonheur.*

*À mes grands-parents, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie .*

*À ma chère binôme, Khadidja , pour sa entente et sa sympathie.*

*À Les plus belles amies Hanane, Safaa & Maroua Pour leurs aides et supports dans les moments difficiles.*

*A toute ma famille BELKAIBAT et BAADJE Merci pour leurs amours et leurs encouragements.*

*Nazimane*

# *Dédicace*

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail a ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère: A mes très chères parents Mohamed et Fatima qui ont soutenu et encouragé.*

*Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse.*

*Maman, je tiens à te remercier pour ton amour, ta générosité et ta compréhension à mon égard, ma rose la plus précieuse Votre soutien a été une lumière tout au long de ma vie merci*

*A mes frères : Moussa Sedik et Salahedine et leurs enfants : Kamar Shahd et Wassim et mes soeurs : Soumia Ichrak Maroua Hayat Soudjoud Nour*

*A mes grands-mères, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie. Tous les cousins et a toutes ma familles BENSAAD et BENTABET*

*Sans oublier mon cher binôme Narimane pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet*

*Et aussi mes meilleurs amis : Hanane Safa Maroua & Anfel Merci pour leurs amours et leurs encouragements.*

*Khadija*

# Résumé

# Résumé

## Résumé

**Intitulé :** Analyses des eaux minérales embouteillées commercialisées dans la région de Laghouat

L'eau est la base de la vie et est considérée comme un élément indispensable en toutes circonstances. L'eau minérale naturelle possède des propriétés physiques et chimiques qui jouent un rôle important dans la satisfaction des besoins de santé. Le travail actuel consiste à mener une étude comparative de la qualité physique et chimique de quelques eaux minérales naturelles en bouteille commercialisées à Laghouat. Cette étude a été réalisée en fonction des données indiquées sur les étiquettes et en comparant avec les normes algériennes et internationales. Les résultats obtenus sur l'eau minérale ont révélé une différence avec les annoncées de l'étiquetage d'usines ce qui pourrait être dû à l'impact métrologique et que cette eau est relativement compatible avec les systèmes de santé mondiales et aux normes algériennes. Nous concluons que l'eau minérale naturelle embouteillée présente une qualité physique et chimique acceptable pour l'alimentation humaine.

**Les mots clé :** eau minérale, sels minéraux, santé, normes, paramètres.

## ملخص

**العنوان:** تحليل المياه المعدنية المعبأة المسوقة في ناحية الأغواط

الماء هو أساس الحياة يعتبر جزءاً لا يمكننا الاستغناء عنه تحت أي ظرف من الظروف ، المياه المعدنية الطبيعية لها خصائص فيزيائية و كيميائية تلعب دوراً هاماً في تلبية احتياجاتنا الصحية . يتشكل العمل الحالي من إجراء دراسة مقارنة للجودة الفيزيائية و الكيميائية لبعض المياه المعدنية الطبيعية المعبأة التي يتم تسويقها في ناحية الأغواط . أجريت هذه الدراسة على أساس المعطيات الموضحة على الملصقات و مقارنتها وفقاً لمعايير الصحة العالمية و الجزائرية . كشفت النتائج المتحصل عليها على المياه المعدنية اختلافاً مع قيم الملصقات المصانع و هذا يمكن أن يرجع إلى التأثير المناخي و أن هذه المياه تتوافق نسبياً مع أنظمة الصحة العالمية و المعايير الجزائرية . نستنتج أن المياه المعدنية الطبيعية معبأة ذات جودة فيزيائية و كيميائية مقبولة نسبياً لتلبية احتياجات الجسم .

**الكلمات المفتاحية :** المياه المعدنية، الأملاح المعدنية، الصحة، المعايير، الخصائص

## Abstract

**Title:** Analysis of bottled mineral waters marketed in Laghouat

Water is the basis of life and is considered an essential element in all circumstances. Natural mineral water has physical and chemical properties that play an important role in meeting health needs. The current work consists of carrying out a comparative study of the physical and chemical quality of some natural bottled mineral waters marketed in Laghouat. This study was carried out according to the standards indicated on the Algerian and international health systems. The results obtained on mineral water revealed a difference with the announced factory, which could be due to the metrological impact and that this water is relatively compatible with global health systems and Algerian standards. We conclude that bottled natural mineral water has a physical and chemical quality acceptable for human consumption.

**Keywords:** Mineral water, mineral salts, health, standards, parameters

# Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Sommaire	
<b>Introduction</b> .....	<b>I</b>
<b>Historique</b> .....	<b>III</b>
<b>Chapitre I: Généralité sur l'eau</b>	
I. Définition de l'eau.....	<b>6</b>
II. Les états de L'eau.....	<b>7</b>
II.1.L'état solide.....	<b>7</b>
II.2. L'état liquide.....	<b>7</b>
II.3. L'état vapeur.....	<b>8</b>
III. Cycle de l'eau.....	<b>9</b>
IV. Répartition de l'eau sur le globe terrestre.....	<b>9</b>
V. Les rôles de l'eau.....	<b>12</b>
V.1. Rôle pour la santé publique.....	<b>12</b>
V.3. Rôle chimique.....	<b>13</b>
V.4. Rôle de transport.....	<b>13</b>
V.5. Rôle de thermorégulation.....	<b>13</b>
VI. Pollution hydrique.....	<b>13</b>
VI.1. Les principaux polluants de l'eau.....	<b>13</b>
VI.1.a. Les polluants physiques.....	<b>13</b>
VI.1.b. Les polluants thermiques.....	<b>13</b>
VI.1.c. Les polluants radioactifs.....	<b>14</b>
VI.1.d. Les polluants chimique.....	<b>14</b>
VI.1.e. Les polluants organiques.....	<b>14</b>
VI.1.f. Les polluants inorganiques.....	<b>14</b>
VI.1.g. Les polluants microbiologiques.....	<b>14</b>
VII. Maladies à transmission hydrique.....	<b>15</b>
VIII. Eaux embouteillées.....	<b>17</b>
VIII.1. Les eaux de source .....	<b>17</b>
VIII.2. Les eaux minérales naturelles .....	<b>17</b>
IX. Normes de potabilité d'eau.....	<b>18</b>
X. Eaux minérale.....	<b>20</b>
X.1. Définition.....	<b>20</b>
X.2. Classification Eaux minérale.....	<b>21</b>
X.2.a. Eau minérale naturelle non gazeuse.....	<b>22</b>
X.2.b. Eau minérale naturelle naturellement gazeuse.....	<b>22</b>
X.2.c. Eau minérale naturelle dégazéifiée.....	<b>22</b>
X.2.d. Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source.....	<b>22</b>
X.2.e. Eau minérale naturelle gazéifiée.....	<b>22</b>
XI. Caractéristique Eau minérale.....	<b>22</b>
XII. La Différence entre l'eau minérale et l'eau de source.....	<b>23</b>

## Chapitre II : Les analyses des eaux

I. Paramètres organoleptique.....	25
I.1. La couleur.....	25
I.2. L'odeur.....	25
I.3. Goût et Saveur.....	25
II. Paramètres physique et chimique.....	25
II.1. Température (T°).....	25
II.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	26
II.3. Conductivité électrique.....	26
II.4. Le taux de sels dissous (TDS).....	26
II.5. Salinité.....	27
II.6. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	27
II.7. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	27
II.14. Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	27
II.8. Calcium (Ca <sup>+</sup> ).....	28
II.9. Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ).....	28
II.10. Phosphate (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ).....	28
II.11. Magnésium (Mg <sup>+</sup> ).....	29
II.12. Fer (Fe <sup>+</sup> ).....	29
II.13. Chlorures (Cl <sup>-</sup> ).....	29
II.14. Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	29
III. Paramètres bactériologiques.....	30
III.1. Germes révivifiables.....	30
III.2. Les coliformes totaux.....	30
III.3. Les coliformes fécaux.....	30
III.4. Clostridium sulfito-réducteurs.....	30
III.5. Streptocoques D.....	31

### Matériels et méthodes

I. Prélèvement et échantillonnage.....	33
II. Paramètres physiques.....	34
II.1 La température.....	34
II.2. La conductivité électrique.....	34
II.3. Détermination de la minéralisation.....	35
II.4. La salinité.....	36
II.6. Turbidité.....	36
II.7. pH.....	36
III. Paramètres chimiques.....	37
III.1. Détermination des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	37
III.2. Détermination des Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	38
III.3. Détermination de calcium (Ca <sup>+</sup> ).....	38
III.4. Dosage du sodium (Na <sup>+</sup> ) et du potassium (K <sup>+</sup> ).....	39
III.5. Détermination des chlorures (Cl <sup>-</sup> ).....	39
III.6. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH).....	40
III.7. Dosage de bicarbonate (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	40
III.8. Détermination du Sulfate (SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> ).....	41
III.9. Détermination de magnésium (Mg <sup>+</sup> ).....	42

### Résultats et discussion

I. La comparaison avec l'étiquetage.....	44
I.1. Echantillonne 1.....	44
I.2. Echantillonne 2.....	44

I.3.Echantillonne 3.....	45
I.4.Echantillonne 4.....	45
I.5.Echantillonne 5.....	46
II. La comparaison avec les normes internationales de l'eau.....	47
II.1. La température T°C.....	47
II.2. La conductivité électrique .....	47
II.3. La salinité.....	48
II.4. Le pH.....	49
II.5. La turbidité NTU.....	50
II.6. Les solides totaux dissous (mg/L).....	50
II.7. Le titre hydrotimétrique TH.....	51
II.8. Le calcium.....	51
II.9. Le magnésium.....	52
II.10. Le sodium.....	53
II.11. Le potassium.....	53
II.12. Le chlorure.....	54
II.13. Le sulfate.....	55
II.14. Le bicarbonate.....	55
II.15. Le nitrate.....	56
II.16. Le nitrite.....	57
<b>Conclusion.....</b>	<b>59</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>62</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>-</b>

## Liste des figures :

<b>Figure 01</b>	Répartition de l'eau par secteur d'activité de monde	III
<b>Figure 02</b>	La molécule de l'eau	6
<b>Figure 03</b>	État solide de l'eau	7
<b>Figure 04</b>	État liquide de l'eau	8
<b>Figure 05</b>	État vapeur de l'eau	8
<b>Figure 06</b>	Cycle biogéochimique de l'eau	9
<b>Figure 07</b>	Répartition eau salée/eau douce sur Terre	10
<b>Figure 08</b>	L'eau dans le corps humain	12
<b>Figure 09</b>	Diagramme représenté l'origine et les sources de la pollution des eaux	15
<b>Figure 10</b>	Répartition des maladies à transmission hydrique années 2015 en Algérie	16
<b>Figure 11</b>	Multi paramètre de température et Ph	33
<b>Figure 12</b>	Conductivité mètre pour mesure la conductivité et TDS	34
<b>Figure 13</b>	Turbidimètre de paillasse HACH pour mesure de la turbidité	35
<b>Figure 14</b>	Mesure le pH et la température par le pH mètre	36
<b>Figure 15</b>	Détermination des teneurs en nitrates	37
<b>Figure 16</b>	Détermination de calcium	37
<b>Figure 17</b>	Appareil Dr LANGE (JENWAY) de l'étalonnage de sodium	38
<b>Figure 18</b>	Réactif de dosage des chlorures	38
<b>Figure 19</b>	Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)	38
<b>Figure 20</b>	Dosage de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).	39
<b>Figure 21</b>	La comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 1	44
<b>Figure 22</b>	La comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 2	44
<b>Figure 23</b>	La comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 3	45
<b>Figure 24</b>	La comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 4	45
<b>Figure 25</b>	La comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 5	46
<b>Figure 26</b>	Les valeurs de température $^{\circ}\text{C}$	47
<b>Figure 27</b>	Les valeurs de conductivité électrique	47
<b>Figure 28</b>	Les valeurs de salinité d'eau	48
<b>Figure 29</b>	Les résultats du Ph	48
<b>Figure 30</b>	Les résultats de Turbidité(NTU)	49
<b>Figure 31</b>	les valeurs des solides totaux dissous (mg/l)	50
<b>Figure 32</b>	Les valeurs de paramètre titre hydrotimétrique TH (mg/l)	50
<b>Figure 33</b>	Les valeurs de calcium $\text{Ca}^{2+}$ (mg/l)	51
<b>Figure 34</b>	Les valeurs de magnésium (mg/l)	51
<b>Figure 35</b>	Les valeurs de sodium (mg/l)	52
<b>Figure 36</b>	Les valeurs de potassium (mg/l)	53
<b>Figure 37</b>	Les valeurs de chlorure (mg/l)	53
<b>Figure 38</b>	Les valeurs de sulfates (mg/l)	54
<b>Figure 39</b>	Les valeurs de Bicarbonates (mg/l)	55
<b>Figure 40</b>	Les valeurs de nitrite (mg/l)	55
<b>Figure 41</b>	Les valeurs de nitrate (mg/l)	56

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 01</b>	Répartition eau salée/ eau douce sur Terre	11
<b>Tableau 02</b>	Présentation des différentes maladies à transmission hydrique	16
<b>Tableau 03</b>	Normes de paramètres physiques chimiques d'après OMS	18
<b>Tableau 04</b>	Norme pour les eaux minérales naturelles selon FAO	19
<b>Tableau 05</b>	Les paramètres physique et chimique selon le journal officiel Algérie.	20
<b>Tableau 06</b>	Eaux minérale	21
<b>Tableau 07</b>	Classification de l'eau minérale en fonction de la minéralisation	21
<b>Tableau 08</b>	Échantillons et localisations	33
<b>Tableau 09</b>	Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité	35

## Liste des abréviations :

<b>Abréviations</b>	<b>Mots</b>
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la Santé
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organisation
<b>MTH</b>	Maladies a transmissions hydrique
<b>TIAC</b>	Toxi-infections alimentaire
<b>NG</b>	Nanogramme ( 10 <sup>9</sup> )
<b>CMA</b>	Charge maximale admissible
<b>pH</b>	Potentiel hydrogène
<b>TDS</b>	Total Dissolved Solids
<b>TH</b>	La dureté de l'eau
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	Nitrite
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Nitrate
<b>SO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	Sulfate
<b>Mg<sup>+</sup></b>	Magnésium
<b>K<sup>+</sup></b>	Potassium
<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	Phosphore
<b>Fe<sup>+</sup></b>	Fer
<b>Cl<sup>-</sup></b>	Chlorure
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	Bicarbonate
<b>NH<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	Ammonium
<b>ADE</b>	Algérienne Des Eaux
<b>ISO</b>	Organisation internationale de normalisation
<b>JORA</b>	Journal Officiel de la République Algérienne.
<b>AFNOR</b>	Association française de normalisation
<b>EDTA</b>	acide éthylène diamine tétra-acétique
<b>NTU</b>	Nephelometric Turbidity Unit
<b>ANRH</b>	Agence nationale des ressources hydrauliques
<b>PNUE</b>	Programme des Nations unies pour l'environnement
<b>NI</b>	Normes internationales
<b>NA</b>	Normes algériennes

# Introduction

---

## Introduction

L'eau est un élément essentiel à la vie et à l'activité humaine. C'est un élément majeur dans les mondes minéral et organique. Dans notre monde actuel, l'eau intervient dans toutes les activités quotidiennes, notamment domestiques, industrielles et agricoles .... , ce qui en fait u L'eau est aussi le vecteur et le moteur qui favorise la vie et de l'activité humaine.. (**CARDOT C, 1999**).

Elle représente un pourcentage très important dans la constitution de tous les êtres vivants, Le corps d'un être humain adulte est composé de 60% d'eau, il est besoin d'une quantité minimale de 1,5 litre d'eau lui est nécessaire par jour (**Diop, 2006**).

Eau embouteillée c'est l'eau potable conditionnée dans des bouteilles généralement, destinées à la consommation humaine. On définit 2 types d'eau embouteillée :

Un eau minérale est un eau microbiologiquement saine, c'est un eau qui provient d'une source souterraine située dans des nappes phréatiques profondes. Ces sources sont protégées de toute pollution humaine, sont naturellement riches en minéraux et en oligo-éléments, et se caractérisent par une composition minérale stable et constante (**Gassmbe.2012**)

Un eau de source est une eau qui sort naturellement d'une source, elle doit être d'origine souterraine, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution, et n'ayant subi ni traitement chimique, ni adjonction. Elle doit donc être naturellement conforme aux critères de potabilité, il n'y a pas de teneur minimale en minéraux à respecter (**Jora, 2004**).

La détérioration de la qualité de l'eau représente un grand problème sanitaire, les maladies transmises par l'eau. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé dont cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou/et de l'eau de boisson contaminés (**Pulim, 1991**). Pour cela, il faut contrôler pour protéger les consommateurs contre les microorganismes pathogènes et d'impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé et assurer un approvisionnement de l'eau.

Le marché de Laghouat contient de beaucoup des eaux minérales naturelles commercialisées, est ce que cette eau remplit nos besoins nutritionnelle ? Et est-ce que il est conforme aux normes de la santé publique ?

# Introduction

---

L'objectif de notre travail consiste à vérifier les qualités des eaux minérales naturelles commercialisées à Laghouat

Le présent travail est présenté en deux parties : La première partie bibliographique portant deux chapitre ;

- Chapitre 1 ; généralités sur l'eau
- Chapitre 2 ; l'analyse des eaux.

La seconde partie est expérimentale est vise à évaluer certaines caractéristiques de la qualité physico-chimique de quelques eaux minérales commercialisée à la wilaya de LAGHOUAT.

# Historique sur l'eau

---

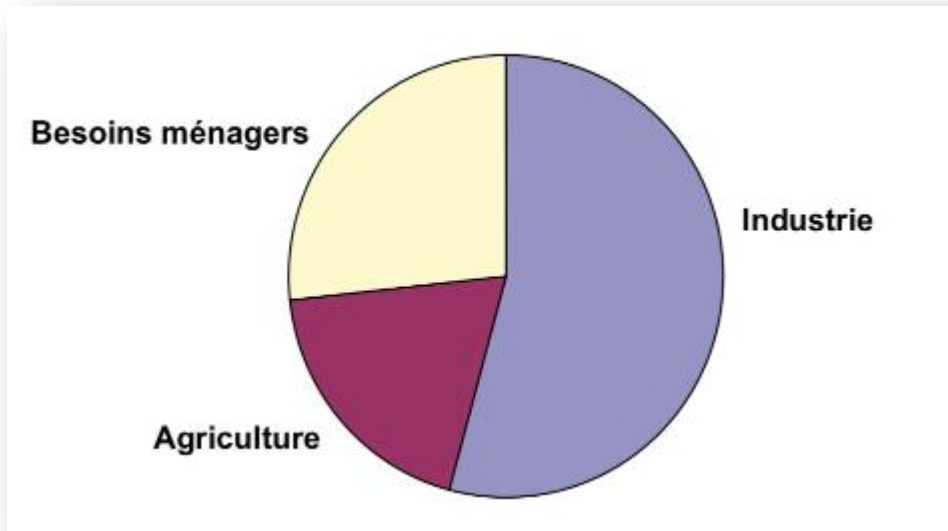
## Historique sur l'eau :

L'eau, source de vie et de plaisirs, est une composante majeure de l'histoire des civilisations. Elle a conditionné l'évolution de l'homme depuis la préhistoire. Nos ancêtres ont bâti autour d'elle nombre de mythes tout en apprivoisant l'eau réelle. **(HERVÉ, 1994)**

Les civilisations antiques maîtrisaient un certain nombre de techniques complexes pour alimenter les villes en eau. Retenons surtout les aqueducs mis au point par les romains 300 ans avant J.-C. Il s'agit de canaux souterrains et aériens qui acheminaient l'eau depuis la source jusqu'aux villes grâce à la gravité. **(SAMAKE, 2002).**

Du moyen âge jusqu'au XIXe siècle pendant rendre à fontaine publique ou directement à la rivière ou autres sources d'eau. Les gens pouvaient également faire appel aux porteurs d'eau qu'ils payaient pour toute cette période, pour avoir de l'eau, la grande majorité de la population doit se qu'ils leur apportent de l'eau chez eux.. au XIXe siècle avec la révolution industrielle et les préoccupations relatives à l'hygiène, apparurent les premières usines de production d'eau potable. Le réseau de distribution se développa. Mais il faut attendre la fin des années 1980 pour que la quasi-totalité de la population française ait l'eau courante

L'Europe dispose de 8 % des ressources mondiales en eau douce, mais sa part atteint 15 % de la consommation mondiale. De ce fait, la consommation d'eau en Europe varie entre 200 et 1000 m<sup>3</sup> par habitant, en fonction du niveau de développement économique; ce ne sont pas les pays d'Europe du nord dont les ressources en eau sont les plus importantes qui consomment le plus. Au vu du développement industriel et de la demande de plus en plus croissante, tous les pays auront, à plus ou moins brève échéance, à faire face au problème du manque d'eau. La mobilisation des eaux superficielles a été, de tous temps, une préoccupation pour l'homme. C'est un élément de la vie quotidienne, et elle est si familière qu'on oublie souvent son rôle, son importance, son originalité, ainsi que sa nécessité absolue. **(A. Kettab et al,2008)**



**Figure 01** : Répartition de l'eau par secteur d'activité de monde (A. Kettab et al,2008)

Ce n'est qu'à la fin du XVIIIe siècle que l'on s'intéresse à la qualité de l'eau. L'essor de la microbiologie démontra le rapport entre la mauvaise qualité de l'eau et certaines maladies. Cela fit même dire à Louis Pasteur : « Nous buvons 90% de nos maladies ». A la fin du XIXe siècle, on commença à filtrer l'eau pour éliminer les microbes. Rapidement ensuite, d'autres traitements pour rendre l'eau propre à la consommation furent mis au point. Les traitements chimiques apparaissent au début du XXe siècle. L'utilisation du chlore se généralise après la première guerre mondiale. ( **RODIER J, 1978**).

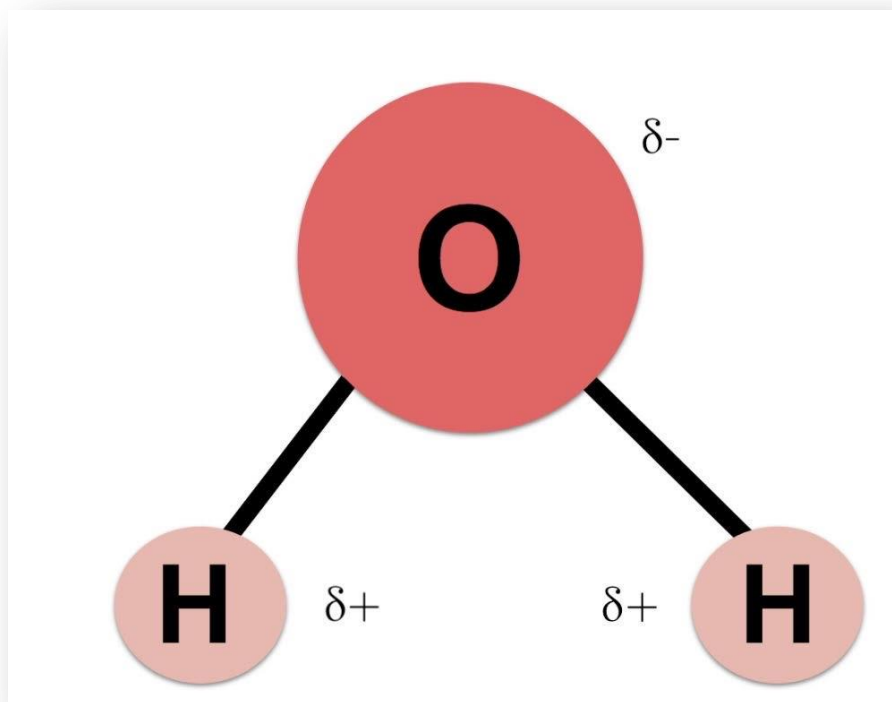
# **Chapitre I**

## **Généralité sur l'eau**

**I. Définition de l'eau :**

L'eau c'est la vie (Thielborger, 2014). L'eau un élément primordial du patrimoine culturel de l'humanité à travers les mythes et les symboles. Ceux liés à l'eau entourent la création des formes terrestres, la naissance, la vie, le est renouveau et la mort. Les sciences, l'art et les civilisations même ne sont pas pensables sans la présence de l'eau (Olivaux, 2007). L'eau à accompagner la vie des êtres humains. Elle est au cœur de nos pratiques sociales, économiques et sanitaires ; l'eau s'inscrit au cœur même du vivant et conditionne la civilisation humaine (Olivaux, 2007). « H<sub>2</sub>O » est la formule chimique de cette molécule, elle est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène.

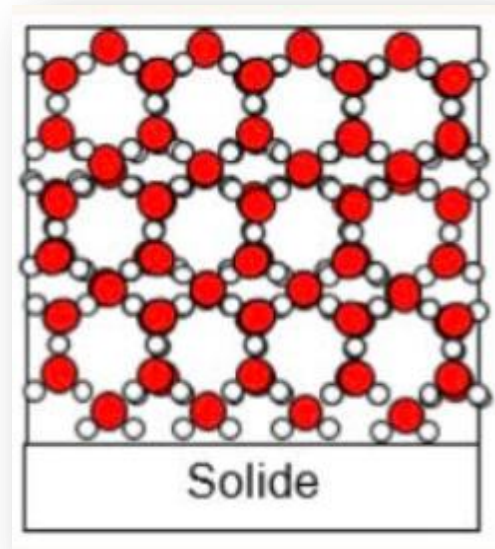
L'eau est la seule molécule présente sur terre sous trois états : solide, liquide et gazeux. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques. L'eau est un solvant efficace pour beaucoup de corps solides c'est pour cette raison qu'elle est souvent désignée de « solvant universel ». (KETTAB, 1992).



**Figure 02** : La molécule de l'eau (A. STONE, 2013).

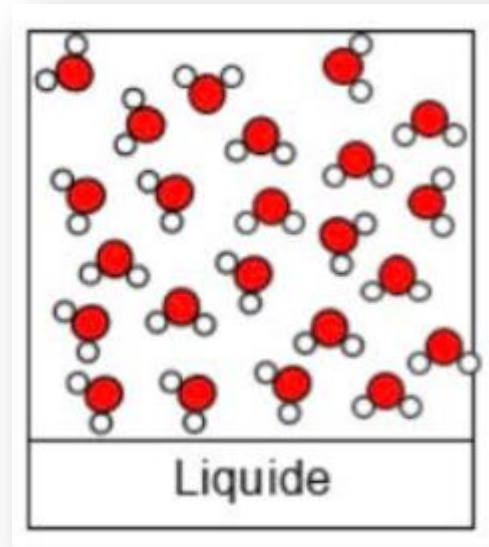
## II. Les états de L'eau :

**II.1. L'état solide :** L'eau est à l'état solide si la température est inférieure ou égale à  $0^{\circ}$  C. A l'état solide, La disposition la plus courante des molécules est une structure cristalline (Boeglin, 1999)



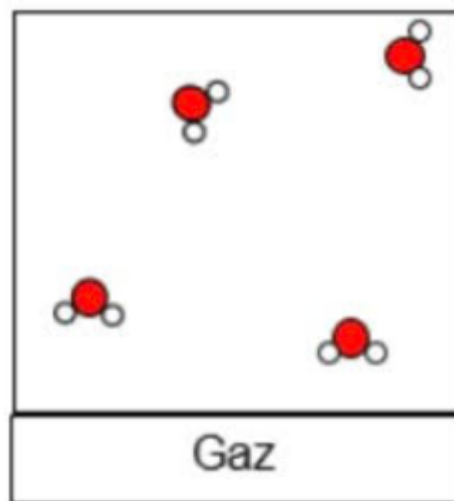
**Figure 03 :** état solide de l'eau (Alexandre Amiral, 2018)

**II.2. L'état liquide :** L'eau est à l'état liquide pour des températures oscillant entre  $0^{\circ}$  et  $100^{\circ}$  C à une pression normale (1 bar). Dans l'eau liquide, les molécules sont en désordre, elles sont plus serrées qu'à l'état solide, ce qui explique qu'un litre d'eau occupe plus d'un litre quand elle gèle (Boeglin, 1999).



**Figure 04 :** état liquide de l'eau ( **Alexandre Amiral , 2018**)

**II.3. L'état vapeur :** L'eau est à l'état gazeux, ou état de vapeur, dès 100° C à pression normale. Mais elle peut l'être aussi à température inférieure : c'est ce qui se passe au-dessus des océans lors de l'évaporation. L'état gazeux est celui du désordre maximal des molécules : ces dernières sont tellement agitées que les forces d'attraction terrestre s'exercent de façon beaucoup moins (**Boeglin, 1999**).



**Figure 05 :** état vapeur de l'eau (**Alexandre Amiral, 2018**)

### III. Cycle de l'eau :

L'eau est un élément fondamental de la vie, recouvrant 72% de la surface de la terre, et représentant une réserve totale de 1350 milliards de km<sup>3</sup> dans la biosphère. Ce volume est renouvellement à l'échelle terrestre (Lelerc et al, 1977)

Toute cette eau se transforme et circule en permanence dans l'atmosphère, la surface et dans le sous-sol de notre terre : c'est le cycle de l'eau L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur lithosphère à la surface de laquelle approximativement ¼ pénètre, ¼ ruisselle, quant au % restants, il s'évapore à son tour (Vilagines, 2003)

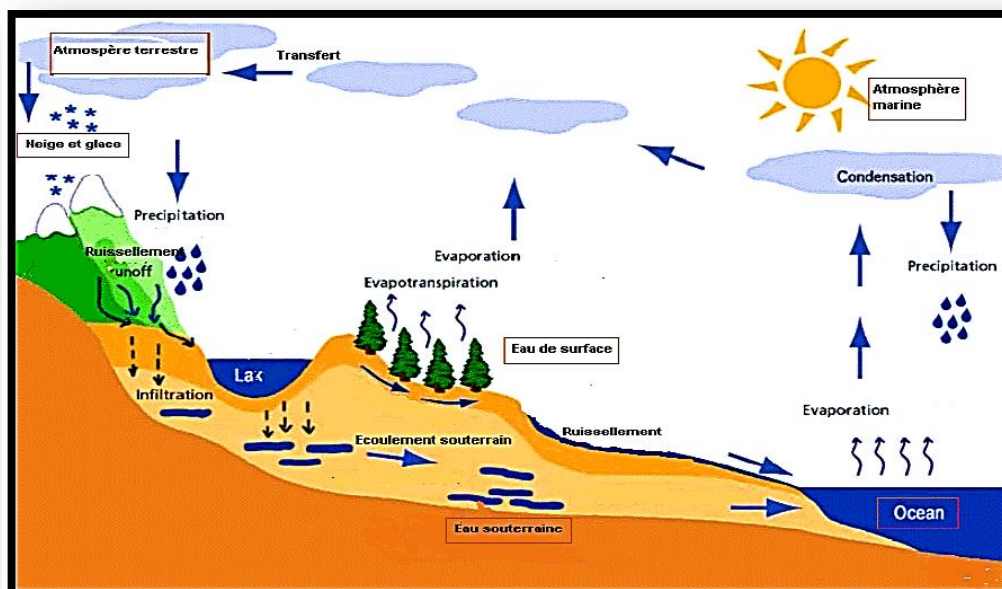
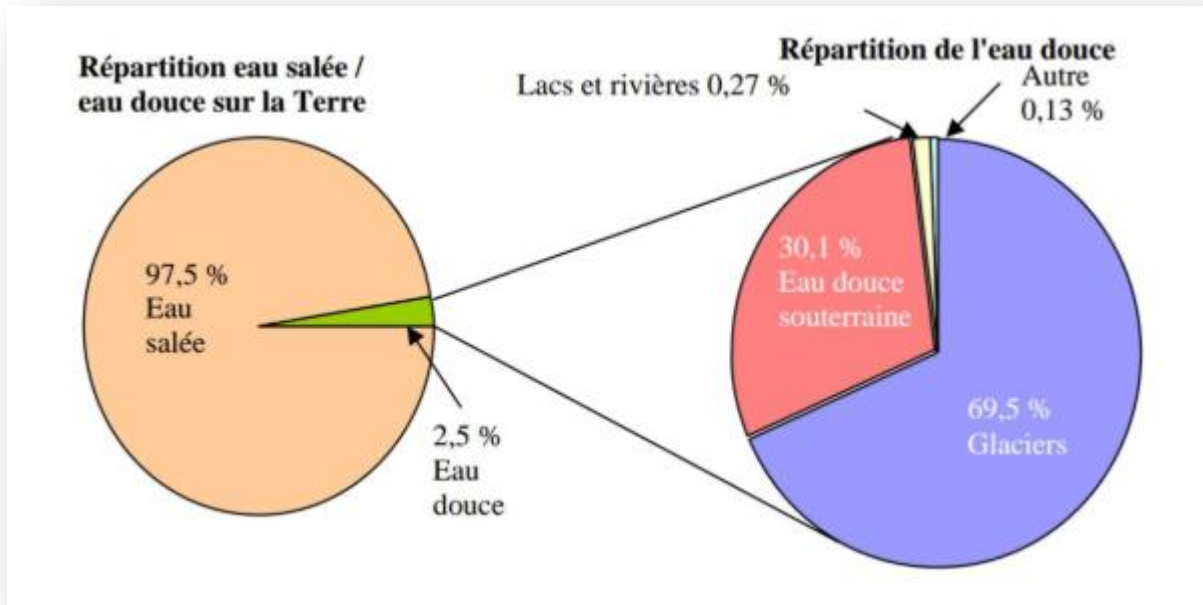


Figure 06 : Cycle biogéochimique de l'eau (Encyclopédie Encarta, 2005)

### IV. Répartition de l'eau sur le globe terrestre :

La quantité d'eau sur Terre est gigantesque : environ 1,4 milliards de km<sup>3</sup>, d'après les estimations de Shiklomanov et Rodda, 2003.. La (Figure) ci-après récapitule cette répartition



**Figure 07 :** Répartition eau salée/eau douce sur Terre (Maurel, 2006).

97,5% de cette quantité d'eau se trouve sous forme d'eau salée et 2,5% sous forme d'eau douce, soit environ 35 millions de km<sup>3</sup>. 69,5% de l'eau douce se présente sous forme de glace et de neige permanente, 30,1% sous forme d'eau souterraine, 0,27% sous forme d'eau dans les lacs et rivières, 0,13% sous une autre forme (atmosphère, humidité dans le sol, marais, etc.). (Maurel, 2006).

**Tableau 1** : Répartition eau salée/ eau douce sur Terre ; volume recyclé annuellement  
(UNESCO, 2006).

Lieu	Volume (10 <sup>3</sup> km <sup>3</sup> )	Répartition du volume total de l'hydrosphère (%)	Répartit ion de l'eau douce (%)	Volume recyclé Annuellement (km <sup>3</sup> )	Période de renouvellement (années)
Océan	1338000	96.5	-	505000	2500
Eau souterraine (gravité et --capillarité)	23 400	1.7	-	16 700	1400
Eau douce Souterraine	10 530	0.76	30.1	-	-
Humidité du sol	16.5	0.001	0.0516	500	1
Glaciers et couverture neigeuse permanente	24 064	1.74	68.7	-	-
Glace du sol (permafrost)	300	0.022	0.86	30	10 000
Eau dans les lacs	176.4	0.013	-	10 376	17
Douce	91	0.007	0.26	-	-
Salée	85.4	0.0006	-	-	-
Marais, Marécages	11.5	0.0008	0.03	2 294	5
Eau de rivière	2.1	0.0002	0.006	43 000	16 jours
Eau des plantes et animaux	1.1	0.0001	0.003	-	-
Eau dans l'atmosphère	12.9	0.001	0.04	600 000	8 jours
Volume Total de l'hydrosphère	1386 000	100	-	-	-
Eau douce Totale	35 029.2	2.53	100	-	-

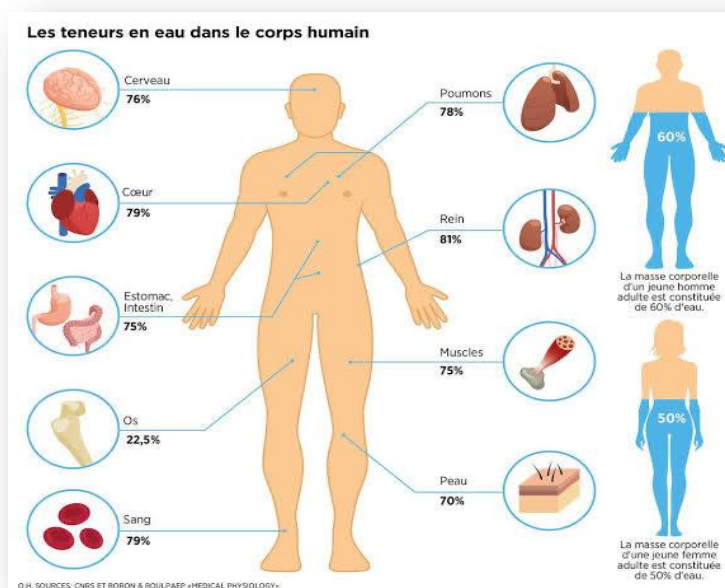
En réalité, cette répartition de l'eau n'est pas statique, comme l'indiquent les périodes de renouvellement. Le point essentiel pour les ressources en eau disponibles est le cycle continental. Chaque année, 577 000 km<sup>3</sup> d'eau se renouvellent sur Terre : c'est l'eau qui s'évapore de la surface de l'océan (502 800 km<sup>3</sup>) et des continents (74 200 km<sup>3</sup>). Cette quantité d'eau retombe lors des précipitations (458 000 km<sup>3</sup> sur l'océan et 119 000 km<sup>3</sup> sur les continents). La différence entre les précipitations et l'évaporation sur les continents (119 000 – 74 200 = 44 800 km<sup>3</sup> /an) représente l'écoulement total des rivières de la Terre (42 600 km<sup>3</sup> /an) et un écoulement direct des eaux souterraines vers l'océan (2 200 km<sup>3</sup> /an) **(Shiklomanov, 1999)**.

Des grandes quantités d'eau douce ne sont pas comptabilisées dans les ressources en eau, car elles n'entrent pas dans le cycle annuel de l'eau : les glaces représentent 24 millions de km<sup>3</sup> d'eau, les nappes souterraines 10 millions de km<sup>3</sup> et les lacs 90 000 km<sup>3</sup> **(Marsily, 2006)**.

## V. Les rôles de l'eau

### V.1. Rôle pour la santé publique :

L'eau est quantitativement le constituant majoritaire du corps humain. Même si la teneur des différents tissus est variable 10% pour l'ivoire des dents, 30% pour les os, 25% pour les masses grasses, 75% pour les muscles striés et 90% pour le plasma, Elle représente 60% du poids du corps de l'adulte mâle ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes et 55% de celui de la femme **(Degremont, 1989 ; Turcelin, 1998)**.



**Figure 08 : L'eau dans le corps humain. (Marie Nicollier, 2021).**

## V.2. Rôle de 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. (MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, 1994)

## V.3. Rôle chimique :

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. (Savary. P, 2010).

## V.4. Rôle de transport :

L'eau est le constituant majeur du sang. L'eau transporte les nutriments aux cellules et aide à éliminer les déchets du corps. (Vierling, 2003)

## V.5. Rôle de thermorégulation :

L'eau aide à maintenir le corps à la bonne température, lors de l'exposition à de fortes chaleurs ou de grands froids. (RAMBAUD, 1992).

## VI. Pollution hydrique:

Selon l'OMS, il y a "pollution des eaux" lorsque la "composition ou l'état des eaux est directement ou indirectement modifié du fait de l'activité de l'homme (Odoulami, 2009). La pollution de l'eau est l'ensemble des modifications de la qualité de l'eau par les matières organiques et les microorganismes provenant des activités humaines. La pollution engendrée peut être d'ordre physique, chimique et microbiologique. Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type (Chaden, 2014).

### VI.1. Les principaux polluants de l'eau

**VI.1.a).Polluants physiques :** Elle est essentiellement industrielle, secondairement domestique. On peut distinguer deux types de polluant ayant un caractère physique : les polluants thermiques et les polluants radioactifs

**VI.1.b).les polluants thermiques :** Généralités sur l'eau La pollution thermique est représentée par des rejets d'eaux chaudes, provenant des systèmes de refroidissement des centrales nucléaire et électrique ce qui provoque un réchauffement considérable des eaux. Cet échauffement modifie certaines propriétés physiques de l'eau et notamment une diminution de

la densité et créent de graves perturbation sur les biocénoses (Arouya, 2011; Mazzuoli, 2012).

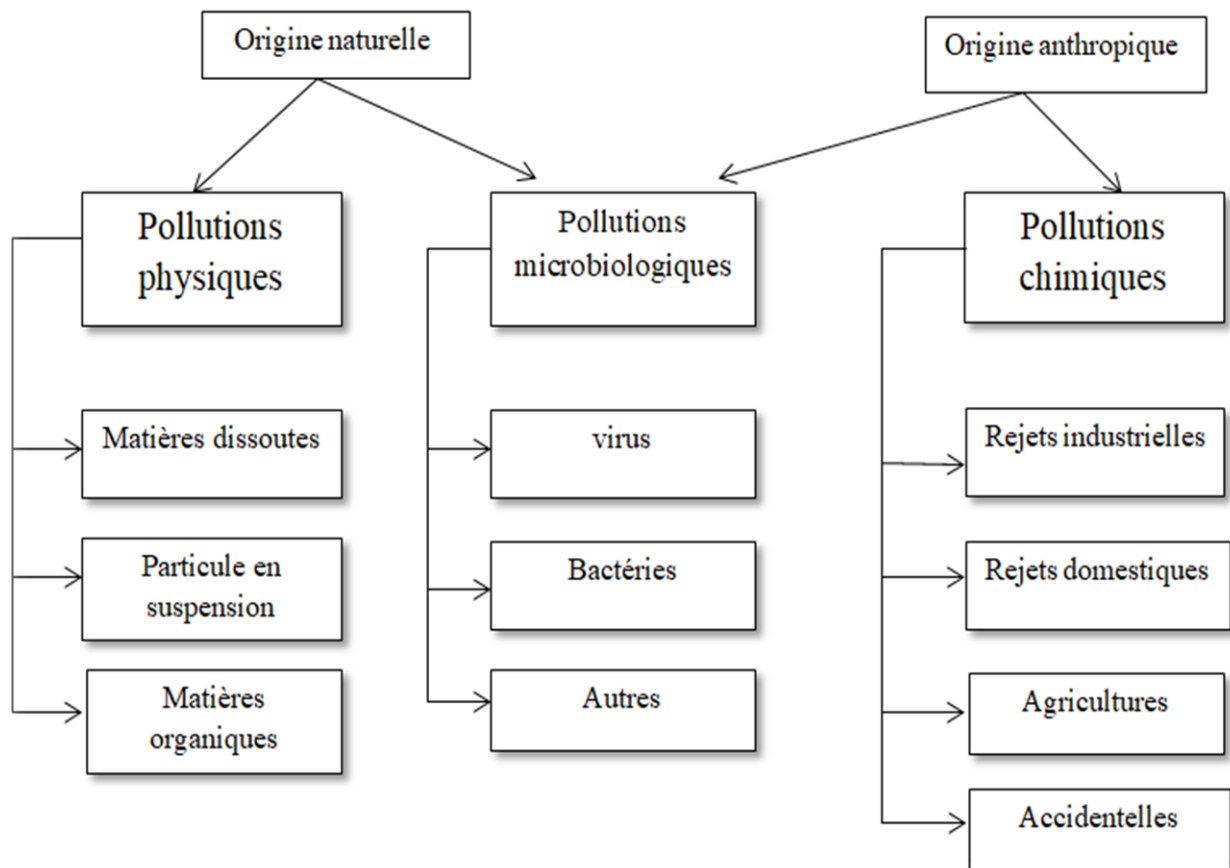
**VI.1.c).Les polluants radioactifs :** La source majeure réside dans les rejets chargés d'éléments radioactifs issus d'explosion d'armes nucléaires et des résidus des usines utilisant l'énergie atomique (Lefèvre et Andréassian., 2016).

**VI.1.d).Polluants chimique :** Est probablement la plus fréquente, très largement répandue et très diverse (Hartemann, 2013), Elle est due principalement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités de substances chimiques perturbant ainsi l'équilibre de l'écosystème aquatique (Arouya, 2011). On distingue selon la nature des polluants

**VI.1.e).Les polluants organiques :** Les polluants organiques rencontrés dans les milieux aquatiques les plus importants et les plus dangereux sont : les pesticides, les hydrocarbures et les détergents (Arouya, 2011).

**VI.1.f).Les polluants inorganiques :** Parmi les polluants inorganiques rejetés en grands quantités par l'industrie, on trouve : les résidus de traitements de minerais, traitement électrolytiques, traitements de surface, beaucoup d'entre eux sont riches en métaux lourds, sodium, nitrate, phosphate. et sont donc très toxiques (Arouya, 2011).

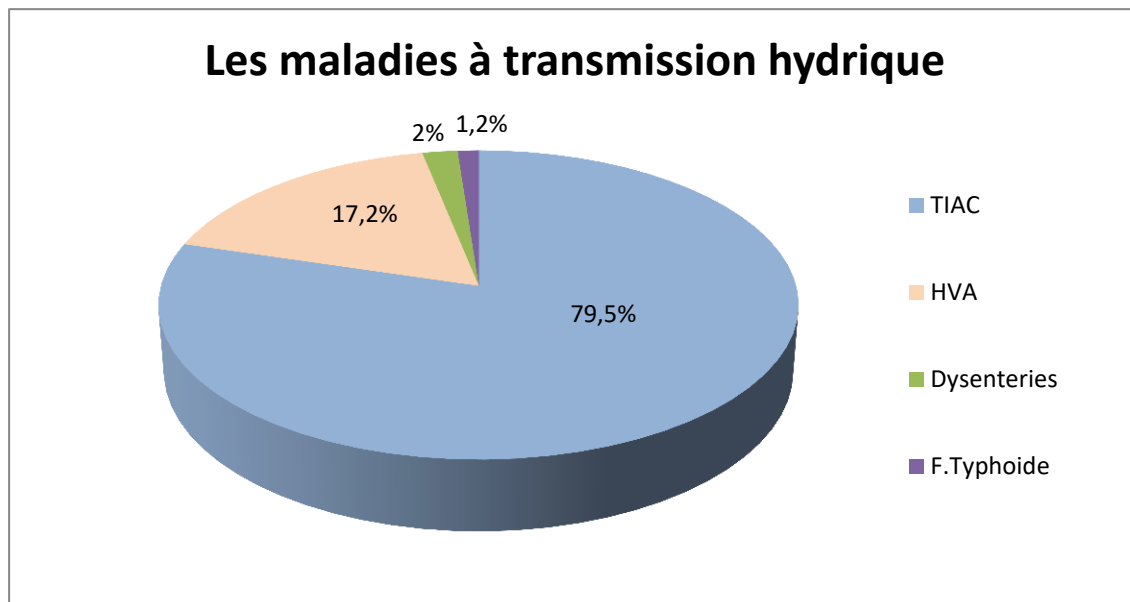
**VI.1.g).Polluant microbiologiques :** La pollution microbienne et parasitaire des eaux est très importante. De nombreux microorganismes pathogènes peuvent présents dans l'eau (bactéries, virus, protozoaires). Ces germes pathogènes sont dus aux rejets des matières fécales humaines et animales. Cette pollution se retrouve donc au niveau des stations d'épuration, les effluents hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ou encore dans le déversement de nombreuses industries agroalimentaires (reachem et al, 1983 ; Mazzuoli, 2012 ; Hartemann, 2013)



**Figure 09 :** Diagramme représenté l'origine et les sources de la pollution des eaux  
(Gérard, 2003)

## VII. Maladies à transmission hydrique :

Les maladies à transmission hydriques (MTH) en Algérie l'eau ressource naturelle, indispensable à la vie, mais aussi elle est devenue de manière directe ou induite la première cause des maladies et de mortalité dans le monde. Les effets de l'eau sur la santé de l'homme ont été aperçus depuis l'antiquité, mais ce n'est que durant le siècle dernier que le rôle de certains micro-organismes présent dans l'eau a été démontré dans l'apparition des affections hydriques. actuellement, on remarque que les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues et qu'elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et leur mode de transmission (Rodier,1999).



**Figure 10 :** Répartition des maladies à transmission hydrique années 2015 en Algérie  
( INSP 2015 )

Les maladies hydriques sont des maladies causées par une eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. selon l'organisation mondiale de la santé l'OMS, plus d'un milliard de personnes à travers le monde n'ont pas accès à une eau salubre et 30millions de personnes meurent suite d'une épidémie ou d'une contagion due à la pollution toujours selon l'OMS en 1990, près de 5millions d'enfants dans le monde sont morts de maladies à transmission hydrique (François Anctil,2008).

**Tableau 02 : Présentation des différentes maladies à transmission hydrique  
( Chenaoui . 2008 )**

<b>Origine des maladies</b>	<b>Le genre</b>	<b>Les différentes maladies</b>
Maladies d'origine bactérienne	<i>Escherichia coli</i>	Gastro-entérite
	<i>Salmonella typhi</i>	Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes. Toxi-infections alimentaires collectives (TIAC)
	<i>Vibrio cholerae</i>	Le choléra
Maladies d'origine virale	Virus de la poliomyélite	Poliomyélite, paralysie, méningite
	Virus de l'hépatite A	Hépatite infectieuse
	Adénovirus	Gastro-entérite, pharyngite, conjonctivite
Maladies d'origine parasitaires	Des amibes	Amibiase
	Anguillule	Anguillulose

**VIII. Eaux embouteillées**

Il existe une très grande diversité de qualités des eaux qui sont commercialisées en bouteille.

Cependant, sur le plan réglementaire, il n'en existe que deux catégories :

- Les eaux de source font partie de cette catégorie.
- Les eaux minérales naturelles (EMN) : Il s'agit d'eau de source présentant une efficacité thérapeutique reconnue par l'Académie nationale de médecine (Chocat, B., et al .2015)

**VIII.1. Les eaux de source :**

Une eau d'origine exclusivement souterraine, apte à la consommation humaine microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, sans traitement ni adjonction autres que ceux autorisés pour cette eau (JORA. 2004).

Elle répond aux mêmes exigences de qualité physicochimique et radiologique que l'eau de robinet .Les seules traitements autorisés par la réglementation (séparation des constituants naturellement présents, la désinfection de l'eau est interdite) (OMS. 2015).

L'eau de source se distingue de l'eau minérale naturelle par le fait qu'elle doit être conforme à la norme de l'eau potable, qu'elle n'a pas d'obligation d'avoir une composition minérale constante et caractéristique, et qu'elle ne prétend pas avoir d'effet bénéfique pour la santé (Gerard, G., Philippe, H. 2014) .

### VIII.2. Les eaux minérales naturelles :

Sont des eaux à l'état naturel d'origine souterraine, microbiologiquement saines. Elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, et par la teneur spécifique en sels minéraux, oligoéléments ou autres constituants, et ces compositions physico-chimiques stables. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique ( Labadi A., H. Hammache . 2016)

Ces eaux minérales naturelles constituent un cas particulier car leurs qualités thérapeutiques favorables à la santé humaine ont été reconnues par l'Académie nationale de médecine ; Qui sont autorisées concernant la teneur parfois élevée en sels minéraux ( Chocat, B., et al .2015). L'eau minérale naturelle n'est soumise à aucun traitement sauf dans le cas d'interventions autorisées par la réglementation (séparation des ingrédients d'origine naturelle, la purification de l'eau est interdite).

En effet, l'eau se distingue par sa présence à des concentrations différentes selon les régions, c'est pourquoi on trouve de l'eau à haute valeur minérale par rapport à l'autre, ces propriétés sont des véritables médicaments à consommer avec modération reconnus par l'Académie Nationale de Médecine (OMS, 2015).

### XI. Normes de potabilité d'eau

Dans les normes internationales les 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 permet de porter un jugement comparatif sur la qualité de l'eau. Les différents paramètres physicochimiques et recommandations sont représentés dans les tableaux suivants :

**Tableau 03 : Normes de paramètres physique chimique ( nedjmi , 2006 ;OMS,1985 )**

Paramètres	Unités	Normes de l'union européenne		Norme d'OMS	Normes de suisse	Normes française	Norme D'U.S.A
		NG	CMA	CMA	CMA	CMA	CMA
Température	°C	12	25	25	8-15	25	-
pH	-	6.5-8.5	9.5	6.9-9	6.8-8.2	0.5-9	6.5-8.5
Conductivité électrique	µs/cm	-	-	2000	200-800	180-100 à 20°C 200-1100 à 25°C	-
Chlorure	mg/L	-	200	200	Inférieur à 20	200	250
Sulfate	mg/L	-	250	250	Inférieur à 50	250	250
Magnésium	mg/L	30	50	50	-	50	-
Calcium	mg/L	-	-	120	-	-	-
Sodium	mg/L	20	150	150	Inférieur à 20	200	-
Aluminium	mg/L	0.05	0.2	12	inférieur à 0.05	12	0.2
Potassium	mg/L	10	12	12	inférieur à 5	12	-
Résidus sec	mg/L	-	1500	1500	-	-	-

Normes physicochimiques internationales de l'eau minérale Selon le FAO, les normes visent à fournir aux consommateurs un eau qui ne constitue pas un risque pour la santé. Une eau impropre découle souvent d'une contamination chimique ou bactériologique.

**Tableau 04 : Norme pour les eaux minérales naturelles selon FAO ( Codex alimentarius,2001)**

Paramètres	Unités	Normes
Antimoine	Mg/L	0.005
Arsenic	Mg/L	0.01
Barium	Mg/L	0.7
Borate	Mg/L	5
Cadmium	Mg/L	0.003
Chrome	Mg/L	0.05
Cuivre	Mg/L	1
Cyanure	Mg/L	0.07
Sélénium	Mg/L	0.01
Plomb	Mg/L	0.01
Manganèse	Mg/L	0.4
Mercure	Mg/L	0.001
Nickel	Mg/L	0.02
Nitrate	Mg/L	50
Nitrite	Mg/L	0.1

L'Algérie s'est basé sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existent sur le plan international **(Document de l'ANRH).**

**Tableau 05** : les paramètres physique et chimique selon le journal officiel Algérie.  
( JORA, 2006)

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Selon JORA</b>
pH	-	6.5-8.5
Conductivité	µs/cm	2800
Dureté totale	mg/L	100-500
Calcium	mg/L	75-200
Magnésium	mg/L	150
Sodium	mg/L	200
Potassium	mg/L	20
Sulfates	mg/L	200-400
Chlorure	mg/L	200-500
Nitrates	mg/L	50
Nitrites	mg/L	0.1
Ammonium	mg/L	0.5
Phosphate	mg/L	5
Aluminium	mg/L	0.2
Température	°C	25

## **X. Eaux minérale**

### **X.1. Définition de l'eau minérale**

Sont des eaux à l'état naturel d'origine souterraine, microbiologiquement saines. Elles se distinguent nettement des autres eaux destinées à la consommation humaine par leurs natures caractérisées par la pureté, et par la teneur spécifique en sels minéraux, oligoéléments ou autres constituants, et ces compositions physico-chimiques stables. Ces caractéristiques sont appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, physicochimique, microbiologique et pharmacologique. **(Hanriot M. 1911)**

La principale caractéristique de l'eau minérale naturelle réside dans sa pureté originelle.

Les eaux minérales naturelles ont une composition physico-chimique stable qui peut leur Permettre de se voir reconnaître des propriétés favorables à la santé humaine **(Directive européenne, 2003)**.

Tableau 06 : Eaux minérale (Popoff G., Honegger J.L. (1990)

	Eau minérale
<b>Origine</b>	Souterraine
<b>Protection naturelle</b>	Obligatoire
<b>Traitements chimiques</b>	Aucun traitement de potabilisation
<b>Composition minérale</b>	Obligatoirement stable
<b>Effet reconnu sur la santé</b>	Effet favorable à la santé, reconnu par l'Académie de médecine.

### X.2. Classification des eaux minérales :

Pour la classification des eaux minérales, plusieurs méthodes peuvent être appliquées. (Tardy Y, 1980)

En se basant sur une combinaison des propriétés géologiques, hydrochimiques, aspects thérapeutiques, une classification typique a été proposée et appliquée pour les eaux minérales Russes par deux types de classification sont considérés.

- La première classification est basée sur la minéralisation des eaux (Résidu sec) en mg/l. Le résidu sec à 180 o C représente une bonne évaluation de la teneur en sels minéraux dissous. (Petelet-Giraud E 2002) cette classification est donnée respectivement dans le tableau :

Tableau 07 : Classification de l'eau minérale en fonction de la minéralisation (Directive.2009)

Catégories d'eau	Critères
Eaux très faiblement minéralisées	Minéralisation inférieure à 50 mg / l
Eaux faiblement minéralisées	Minéralisation comprise entre 50 et 500 mg / l
Eaux moyennement minéralisées	Minéralisation comprise entre 500 et 1000 mg / l
Eaux minéralisées	Minéralisation comprise entre 1000 et 1500 mg/l
Eaux fortement minéralisées	Minéralisation supérieure à 1500 mg / l

- La seconde classification tient compte de la composition chimique de l'eau. (Petelet-Giraud E 2002) :

#### X.2.a. Eau minérale naturelle non gazeuse

L'eau minérale naturelle non gazeuse est une eau minérale naturelle qui, à l'état naturel et après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, ne contient pas de gaz carbonique libre en proportion supérieure à la quantité nécessaire pour maintenir dissous les sels hydrogénocarbonates présents dans l'eau (**Codex Alimentarius ,2007**).

### **X.2.b. Eau minérale naturelle naturellement gazeuse**

L'eau minérale naturelle naturellement gazeuse est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz est, après traitement éventuel autorisé, la même qu'à l'émergence compte tenu des tolérances techniques usuelles (**JORA, 2015**).

### **X.2.c. Eau minérale naturelle dégazéifiée**

L'eau minérale naturelle dégazéifiée est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé, et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence (**JORA, 2015**).

### **X.2.d. Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source**

L'eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source est une eau minérale naturelle dont la teneur en gaz carbonique, après traitement éventuel autorisé et conditionnement, n'est pas la même qu'à l'émergence et qui fait l'objet d'adjonction en gaz carbonique émanant de la source (**Codex Alimentarius ,2007**).

## **XI. Les caractéristiques des eaux minérales :**

L'eau minérale naturelle est un trésor de la nature qui se distingue de l'eau de boisson ordinaire (l'eau du robinet) par :

- sa teneur en certains sels minéraux, les proportions relatives de ses sels et la présence d'oligo-éléments ou d'autres constituants.
- elle provient directement de nappes souterraines par des émergences naturelles ou forées pour lesquelles toutes les précautions devraient être prises afin d'éviter toute pollution ou influence extérieure sur ses propriétés physiques et chimiques.
- elle est captée dans des conditions qui garantissent la pureté microbiologique et la composition chimique de ses constituants essentiels.
- elle est conditionnée à proximité de l'émergence de la source avec des précautions d'hygiène particulières
- elle n'est soumise à aucun traitement. (**JEAN J.C., 2002**).

### **XII. La différence entre l'eau minérale et l'eau de source :**

Chaque eau est unique et à sa propre typicité, son propre caractère, son terroir.

Les eaux se différencient par leur origine, leur stabilité ou encore leur traitement. Des homologations et des contrôles stricts permettent à chacune d'elle de prévaloir une appellation. (**Samake H, 2002**)

L'eau minérale se différencie de l'eau de source par la stabilité de sa composition minérale. Selon **CONSTANT et HAWILI (2011)**, ces caractéristiques doivent être appréciées sur les plans géologique, hydrogéologique, physique, chimique, microbiologique et si nécessaire, pharmacologique, physiologique et clinique, conformément à certaines dispositions du code de la santé publique. (**Labadi A.S., H. Hammache 2016**)

- par sa nature caractérisée par sa teneur en minéraux, oligoéléments ou autres constituants et par certains effets.

- par sa pureté originelle, Ces eaux ne peuvent subir aucun traitement mise à part l'élimination des éléments instables, et dans certains cas, la réinjection de gaz carbonique provenant en général de la source elle-même (donc d'origine profonde naturelle, liée au volcanisme et au dégazage du manteau (**Canellas, 1995**)). Mais, contrairement aux eaux de source, elles ne sont pas obligées de satisfaire aux normes de potabilité. Ainsi certaines eaux minérales, très chargées en sels, ne seraient pas considérées comme potables au sens des normes usuelles, mais sont déclarées avoir de par leur composition une vertu curative (**Marsily, 1995**).

# **Chapitre II**

## **Les analyses de**

### I. Paramètres organoleptique

#### I.1. La couleur

La couleur de l'eau est dite vraie ou authentique si elle est due à la seule substances en solution. Il doit devenir visible lorsque les matières en suspension lui donnent sa couleur.

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans une eau claire et légèrement trouble (**Rodier J, 2005**).

C'est un indicateur de contamination lorsqu'il dépasse l'équivalent de 15 mg/l platine-cobalt (**Lefèvre, 1991**)

#### I.2. L'odeur

Une eau destinée à la consommation humaine (alimentation) doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois, les déceler.

L'odeur peut être définie comme :

- l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- la qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances. (**Rodier, 2009**)

#### I.3. Goût et Saveur

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensibilités gustatives, olfactives et chimiques typiques qui se produisent lorsqu'une boisson est dans la bouche.

Le goût peut être défini comme un ensemble de sensations ressenties lors de la stimulation des papilles gustatives par une substance soluble (**Rodier, 2005**).

### II. Paramètres physique et chimique

#### II.1. Température :

Une connaissance précise de la température de l'eau est très importante. Enfin, celui-ci joue un rôle important dans la solubilité des sels, notamment des gaz, la dissociation des sels dissous, la détermination de la conductivité et du pH (**Rodier et al, 2005**).

### II.2. Potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes  $H^+$  présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (JORA .2009)

Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations, avec entrainement des éléments indésirables comme le plomb et le cuivre.

Un pH élevé conduit à des dépôts de tartre dans les circuits de distributions. Au-dessus de pH 8; il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination bactérienne par le chlore. Par ailleurs, la chloration diminue le pH. (Rodier et al. 1996)

### II.3. Turbidité

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur. La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute (débris organiques, argiles, organismes microscopiques ...)

La turbidité élevée de l'eau révèle la précipitation du fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau et favorise aussi la fixation et la multiplication des micro-organismes, rendant sa qualité bactériologique suspecte ([OMS], 2004).

### II.3. Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau entre deux électrodes métalliques de  $1\text{ cm}^2$  et distantes l'une de l'autre de 1 cm (Rodier., 1996).

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium ( $Ca^{2+}$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le sodium ( $Na^+$ ), le potassium ( $K^+$ ), le bicarbonate ( $HCO_3^-$ ), le sulfate ( $SO_4^{2-}$ ) et le chlorure ( $Cl^-$ ), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Hade., 2002).

### II.4. Le taux de sels dissous (TDS) :

La quantité des sels minéraux dissous influence la conductivité, la mesure qui permet de déterminer la quantité totale des sels minéraux dissous dans l'eau qui est appelée le TDS.

Une eau, dont la minéralisation est inférieure à 600 mg/l, est généralement considérée comme bonne. La mesure de la TDS se fait dans le laboratoire à l'aide d'un multi-paramètre ou un TDS-mètre (Rejsek, 2002)

### II.5. Salinité :

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1 litre d'eau. Elle est exprimée en g par kg d'eau. Un composé ionique ou un solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) disposés régulièrement dans l'espace et d'un anion (ions chargés négativement). En général, un cristal ionique est électriquement neutre. Tout solide ionique cristallin a une formule statistique qui indique le type et la proportion d'ions présents (Gaujous. D).

### II.6. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins (lithium, sodium, potassium, rubidium, césium) et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelque fois les ions fer, aluminium, manganèse, strontium. La dureté est encore appelée dureté calcique et magnésienne ou consommation de savon (Rodier et al.2009).

Elle est mesurée par la somme des concentrations de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH)

### II.7. Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte. Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrites est assez variable. La méthode à la sulfanilamide a une sensibilité de l'ordre de quelques microgrammes par litre. (Rodier, 2009)

### II.14. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) :

La présence de nitrates dans l'eau est un indicateur de pollution agricole (engrais), urbain (dysfonctionnement des réseaux de santé) ou industriel.

Les effets des nitrates sur la santé sont liés à leur conversion dans le tractus gastro-intestinal en nitrites et finalement en nitrosamines.

Chez l'homme, les nitrites sont responsables du risque de méthémoglobinémie aiguë (inhibition du transport de l'oxygène vers les cellules), principalement observé chez les nouveau-nés. Pour que l'eau soit considérée comme potable, l'OMS recommande une teneur en nitrates ne dépassant pas 50 mg/l (OMS, 2008).

### II.8. Calcium ( $\text{Ca}^+$ )

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles c'est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure (Rodier et al.2005) .

### II.9. Sulfates ( $\text{SO}_4^-$ )

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates en proportions très variables (Taradat et Henry., 1992) .

Ces dernières proviennent principalement des gypses présents dans le sol, comme ils peuvent provenir du lessivage des sulfates de l'air par les précipitations (Ramade., 1998). La présence des sulfates donne un goût amer à l'eau, comme les sulfates ne sont pratiquement pas assimilables, une eau contenant une teneur élevée en ces anions causera des effets laxatifs chez l'homme. Les concentrations élevées en sulfates (plus de 400 mg/l) peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution surtout avec les eaux faiblement alcalines .  
( Mabillot., 1986 )

### II.10. Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Les teneurs élevées en phosphate signalent une infiltration d'eau de surface ou une contamination par des engrais. L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par les contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphate inférieures à 0,01 mg/l (C.I.E., 2005).

Les phosphates jouent un rôle important dans le développement des algues. Ils sont susceptibles de favoriser leur multiplication dans le réservoir, les grosses canalisations et les eaux des lacs. La présence excessive de phosphates dans les milieux aquatiques favorise le phénomène d'eutrophisation (Gaugous., 2005) .

### II.11. Magnésium ( $Mg^+$ ):

Le magnésium est l'un des éléments les plus abondants dans la nature et peut être d'origine naturelle ou industrielle (**Gaujous, 1995**). C'est une composante importante de la dureté de l'eau (**Rodier, 1996**).

Sodium(Na) C'est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre (**Bouziyani, 2000**).

Son origine peut être :

- Naturelle (mer, terrain salé)
- Humaine (10 à 15 g de Na Cl dans les urines/jour)
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière).

### II.12.Fer ( $Fe^{+2}$ )

Le fer se classe en 4ème rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 À 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (**Rodier et al .2005**)

### II.13. Chlorures ( $Cl^-$ )

Les chlorures sont des anions inorganiques importants, contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl), ces anions ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques et reste très mobiles (**Nouayti et al., 2015 ; Ayad et Kahoul., 2016**).

### II.14. Ammonium ( $NH_4^+$ )

L'azote ammoniacal se trouve sous la forme toxique  $NH_4^+$ .

Sa présence dans les eaux explique un processus de dégradation incomplète de la matière organique, l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. L'ammoniaque présente l'inconvénient de la nécessité d'augmentation de la consommation en chlore lors de la désinfection (**Chaden., 2014**).

### III. Paramètres bactériologiques

#### III.1. Germes révivifiables :

D'après **Roussel (1999)** les bactéries revivifiables représentent toutes les bactéries aérobies, les levures et moisissures capables de former des colonies sur milieu nutritif gélosé. On distingue deux catégories différentes :

- Micro-organismes se développant à 22°C: représentent les saprophytes présents naturellement dans l'eau.
- Micro-organismes se développant à 37°C: sont ceux qui proviennent de l'homme et des animaux endothermes en général.

#### III.2. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (**Archibald, 2000; Edberg et al. 2000.**) .

Ce groupe composé des principaux genres suivants: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia* (**Chevalier, 2003**). La plupart des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (E. coli) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes (**Edberg et al., 2000; OMS, 2000**).

#### III.3. Les coliformes fécaux

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux ont la capacité de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus habituellement associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (E. coli) (**Edberg et al. 2000**).

#### III.4. Clostridium sulfito-réducteurs

Les clostridies sulfito-réductrices représentent strictement des bacilles à Gram positif qui forment des endospores. On les trouve dans le tube digestif de l'homme et des animaux à sang chaud. Ils survivent plus longtemps dans l'eau que les bactéries coliformes et sont désinfectés. Leur absence dans l'eau est un indicateur de l'efficacité des filtres à sable (**Rodier., 1984**)

### III.5. Streptocoques D :

Les streptocoques sont définis comme des cocci sphériques légèrement ovales à Gram positif. Ils sont le plus souvent disposés en diplocoques ou en chaînes, se développent mieux à 37°C, ils ont des propriétés homo-fermentaires et ne produisent pas d'acide lactique.

Ils sont des indicateurs d'une grande résistance à la contamination fécale, y compris en milieu salin (**Gaujous, 1995**). Ils peuvent également se reproduire dans des environnements avec des valeurs de pH aussi élevées que 9,6, de sorte qu'ils peuvent être utilisés comme indicateurs d'organismes pathogènes. (**PNUE/OMS, 1977**).

# **Matériels et méthodes**

# Matériels et méthodes

## I. Prélèvement et échantillonnage :

Le marché de l'eau minérale en Algérie est en constante progression, avec une production annuelle dépassant les 1,5 milliard de litres d'eau minérale (Taleb, S. 2014).

Les différentes analyses ont été effectuées au niveau des laboratoires d'Algérienne Des Eaux (ADE) Laghouat. Les analyses visent à vérifier la qualité de la composition d'eau minérale naturelle en ses constituants essentiels et ses caractéristiques de qualité conformément à l'étiquetage d'usine.

Pour la réalisation de ce travail, nous avons pris 5 échantillons d'eau commercialisée embouteille au marché locale de Laghouat, pour les échantillons, correspondant à 5 bouteilles de 1.5 L d'un même lot, ces eaux minérales proviennent de différente wilaya et sont commercialisée à Laghouat comme le montre dans ce tableau :

**Tableau 08 : échantillons et localisations**

Échantillons	Date de fabrication	Date d'expiration	Numéro de LOT	situation géographique
E1	18/01/2024	17/01/2025	AA018	Béjaia
E2	11/12/2023	11/12/2024	345	Meniaa
E3	01/2024	01/2025	04/027	Biskra
E4	24/01/2024	23/01/2025	C08	Bouira
E5	06/04/2023	06/04/2024	066	Belida



**Figure 11 : La situation géographique des sources des eaux minérales naturelles étudiées**

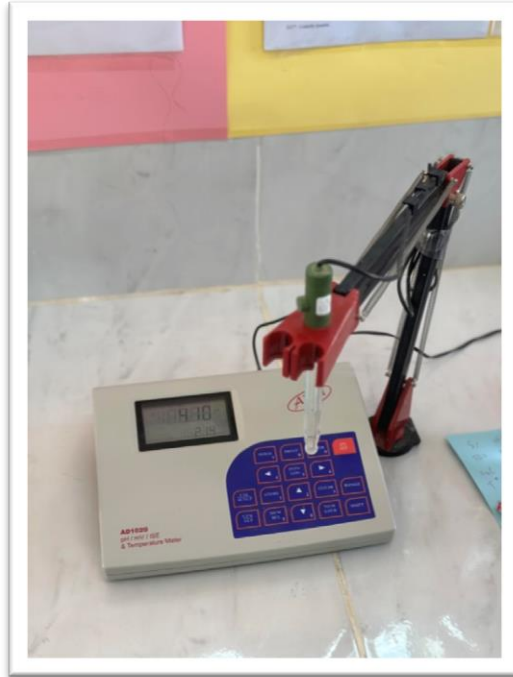
# Matériels et méthodes

---

## II. Paramètres physiques

### II.1 la température

La température est déterminée pour chaque échantillon à l'aide d'un thermomètre multiéléments de précision intégré que nous étalonnons avant chaque traitement, elle est exprimée en °C (Rodier 2005)



**Figure 12:** pH and Temperature meter AD1020

### II.2. La conductivité électrique

La détermination de la conductivité se fait par la mesure de la résistance électrique de la solution. Un voltage est appliqué entre deux électrodes plongées dans l'échantillon, et le chute du voltage due à la résistance de la solution est utilisée par calculer la conductivité par cm. L'unité de mesure de la conductivité est le Siemens. Dans les solutions aqueuses on utilise fréquemment le milli siemens /centimètre ou le micro siemens/centimètre.



**Figure 13 :** Conductivité mètre pour mesure la conductivité et TDS HANNA INSTRUMENTS 2550

### II.3. La minéralisation

La minéralisation correspond aux taux de sels dissous. Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité (tableau N°08) (Rodier et al, 2005).

**Tableau 08:** Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier et al, 2009)

Conductivité ( $\mu\text{s} / \text{cm}$ )	Minéralisation (mg/L)
Inferieur de 50	1,365079 x Conductivité
Entre 50 et 166	0,947658 x Conductivité
Entre 166 et 333	0,769574 x Conductivité
Entre 333 et 833	0,715920 x Conductivité
Entre 833 et 10000	0,758544 x Conductivité
Extérieure de 10000	0,850432 x Conductivité

## Matériels et méthodes

---

### II.4. TDS

Déterminez le TDS dans le même appareil qui mesure la conductivité.

Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en et faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soit que les électrodes de platine soient complètement immergées

-Le résultat est donné directement en  $\mu$  S/cm

### II.5. Turbidité

La détermination de la turbidité mesure une propriété optique de l'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matière en suspension présentes. La quantité de turbidité mesurée dépend les variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules.

Mesurer a partir un Turbidimètre avec une longueur d'onde à 680 nm. (SAMAKE, 2001)



**Figure 14:** Turbidimètre de paillasse HACH COMPANY pour mesure de la turbidité

### II.6. pH :

Selon **ISO 757**, **ISO 189**, le pH est une unité de mesure du degré d'acidité ou d'alcalinité d'une solution .Il est mesuré entre 0 et 14, il mesure la concentration en ions  $H_3O^+$ .

Il déterminer par un pH mètre, le résultat sont obtenus directement à partir de lecture au pH mètre.



**Figure 15** : le pH mètre AD1020

### III. Paramètres chimiques :

#### III.1. Détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) :

On prend 50 ml d'eau à analyser à laquelle on ajoute 1 ml du réactif mixte et attendre 10min, L'apparition de la coloration rose indique la présence des  $\text{NO}_2^-$  . L'échantillon sera mis dans le spectrophotomètre réglé à une longueur d'onde de 543 nm en mg/l. (ISO 5667. 2004). (Annexe 02)

La mesure est obtenue directement en spectrophotomètre en mg/l.



**Figure 16:** SPECTROPHOTOMETER ILLUMINATOR MODULE HACH COMPANY  
BOX 389

## Matériels et méthodes

---

### III.2. Détermination des Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) :

Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser, Ajouter 2 à 3 gouttes de Na OH à 30 % et 1 ml de salicylate de sodium. Les échantillons analysés seront mis dans une étuve 75 - 88° C afin que l'eau soit complètement évaporée. Puis laisser les échantillons refroidir. Après le refroidissement on rajoute aux résidus 2 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , laisser reposer 10mn, on rajoute ensuite 15 ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium, puis les échantillons seront mis dans le Spectrophotomètre à une longueur d'onde de 415 nm. (**Afnor T90-012**) (**Annexe 03**) La mesure est obtenue directement en spectrophotomètre en mg/l.



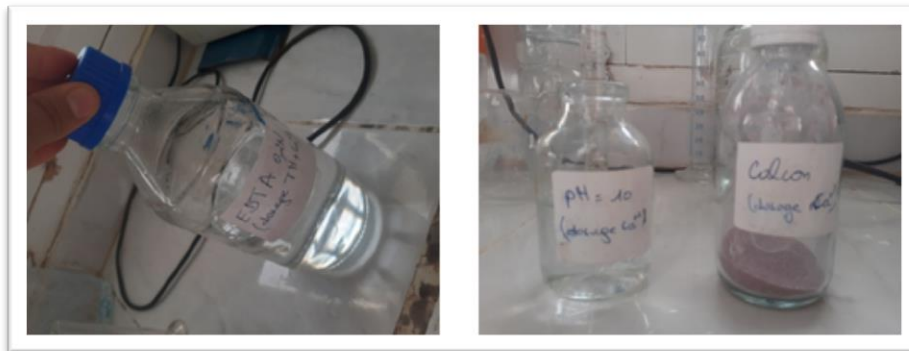
**Figure 17:** SPECTROPHOTOMETER ILLUMINATOR MODULE HACH COMPANY BOX 389 de détermination des teneurs en nitrates

### III.3. Détermination de calcium $\text{Ca}^{2+}$ :

Nous prélevons 10 ml d'eau pour analyse dans un bécher. On ajoute quelques gouttes d'une solution de tampon (pH=12) ; nous ajoutons une pincé de calcon (figure18). Ensuite, nous mettons la solution d'EDTA dans la burette pour l'étalonnage, posons le bécher sur la plaque du mélangeur magnétique, ouvrons progressivement l'ouverture de la burette jusqu'à ce que la couleur de l'échantillon devienne violette. . (**Annexe 04**)

En calculer

$$\text{Ca}^{+2} = \text{Volume EDTA} \times \text{Normalité EDTA} \text{ volume de l'eau à analyser} \times 1000 \text{ (ISO 6058)}$$



**Figure 18:** les réactifs de détermination de calcium

### III.4. Dosage du sodium ( $\text{Na}^+$ ) et du potassium ( $\text{K}^+$ ) :

La photométrie de la flamme est des procédés le plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino-terreux.

Les éléments à analyser (sodium, potassium) sont généralement sous forme des sels.

#### □ Mode opératoire

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (power).
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir (IGNITION) sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage (FLM) en rouge sur l'écran.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton (Blank).
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de  $\text{Na}^+$  ou du  $\text{K}^+$  à 10mg/l.
- Optimiser à 10mg/l à l'aide du bouton (FINE).
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon  $\text{Na}^+$  ou de  $\text{K}^+$  0 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie par distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- Retirer étalon de  $\text{Na}^+$  ou de  $\text{K}^+$  à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran et stable (3 essais pour chaque échantillon)

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe. (**Annexe 05**) (ISO 9964/3. 1993)

## Matériels et méthodes

### • Remarque :

Avant de doser le sodium ( $\text{Na}^+$ ) il faut toujours vérifier les valeurs de la " conductivité " car cette dernière a un rapport proportionnel à la dilution, c'est à dire plus que la conductivité est grande plus que la dilution du ( $\text{Na}^+$ ) est grande et vice versa. Alors pour le cas de ( $\text{K}^+$ ) on ne fait pas la dilution sauf que la conductivité est grande. (ISO 9964/3. 1993)

Le résultat est donné directement en mg/l.

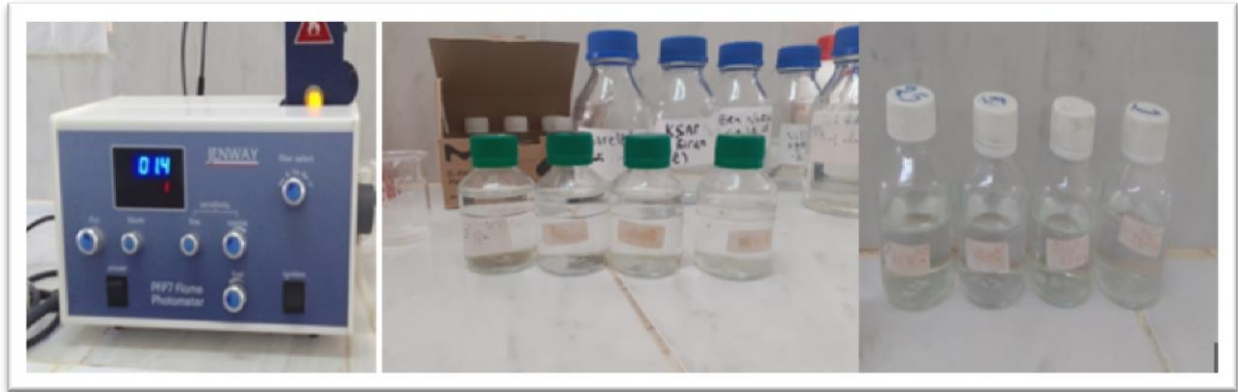


Figure 19: Appareil Dr LANGE (JENWAY) de l'étalonnage de sodium

### III.5.Détermination des chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) :

On prend 5 ml d'eau à analyser, à laquelle on ajoute 2 gouttes de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , on obtient une coloration jaunâtre. On met ce produit sur l'agitateur et sous la pipette de titrage, on laisse couler l' $\text{AgNO}_3$  jusqu'à obtention d'une coloration brun rougeâtre. On ferme la pipette et on lit V2-V1 cette valeur sera multiplier par un coefficient 71 et on obtient ainsi la concentration des chlorures pour les eaux à analyser. (Annexe 06) (ISO 9297. ISO 5667-3).

### B) Expression de résultats

$$\text{Cl}^- (\text{mg/l}) = (\text{V}_2 - \text{V}_1) \times \text{MCl}^- \rightarrow \text{Cl}^- (\text{mg/l}) = (\text{V}_2 - \text{V}_1) \times 71$$

- $\text{V}_2$  : Volume total d' $\text{AgNO}_3$
- $\text{V}_1$  : Volume d' $\text{AgNO}_3$  nécessaire pour une concentration donnée.
- $\text{MCl}^-$  : Masse molaire du chlorure en g/mol.

## Matériels et méthodes



**Figure 20:** le réactif de dosage des chlorures

### III.6. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

Prendre 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique (Figure 19), à laquelle on ajoute 4 ml de solution Tampon pH=10 et 3 gouttes de la solution du noir d'ériochrome T, la solution se colore en violet. La solution a été placée sur l'agitateur à une faible vitesse, qui est placée sous la pipette de titrage, dont laquelle on a mis de l'EDTA, cette solution est versée sur l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au bleu (Figure 19), on arrête l'agitateur. et on lit la différence entre le V2 -V1. La valeur obtenue est multipliée par un coefficient (100) afin d'avoir la valeur de la dureté totale de l'échantillon à analyser. (**Annexe 07**) (**BENAAKAME. et al. 2019**).

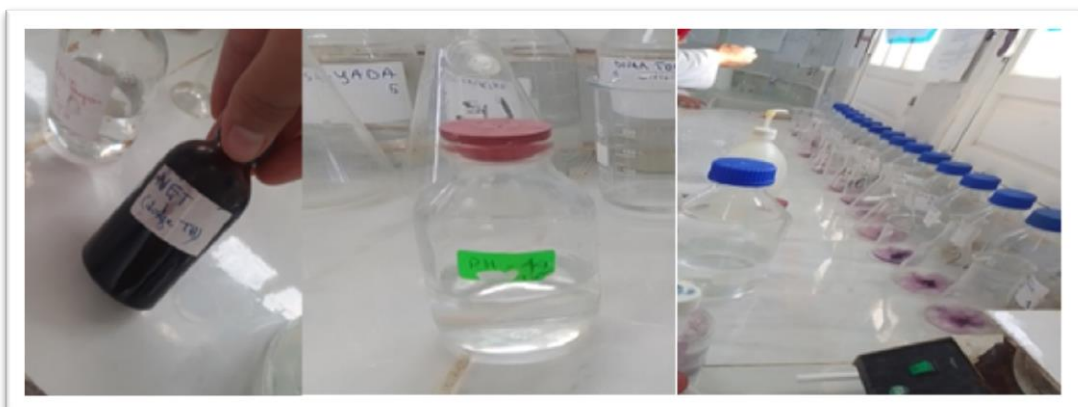
#### B )Expression de résultats

$$TH \text{ (mg/l)} = (V2 - V1) \times MTH \rightarrow TH \text{ (mg/l)} = (V2 - V1) \times 100$$

V2: Volume total d'EDTA

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

MTH : Masse molaire de la dureté totale en g/mol.



**Figure 19 :** Les réactifs de dosage de la dureté totale

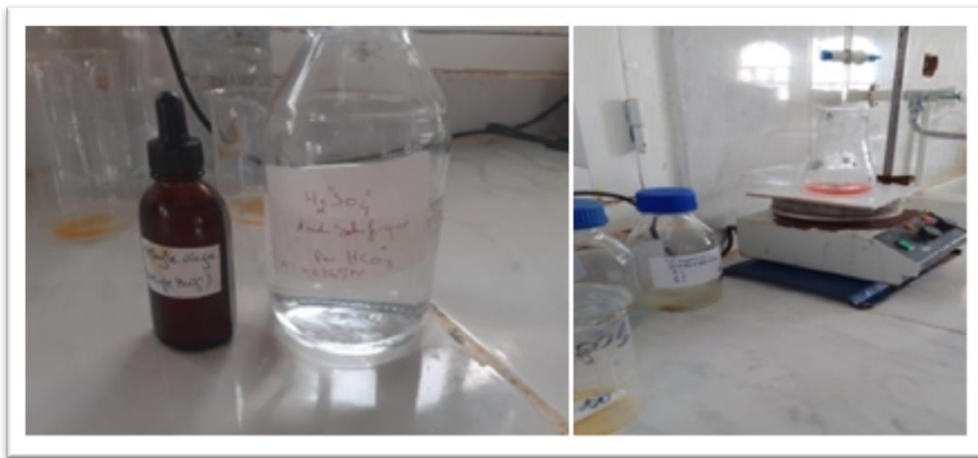
## Matériels et méthodes

### III.7. Dosage de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

On prend 100 ml d'eau à analyser (Figure 20), à laquelle on ajoute quelques gouttes de méthyle orange, on obtient une coloration orange, cette solution sera mise sur l'agitateur à faible vitesse qui est placée sous la pipette de titrage dans laquelle on met le  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , cette solution sera versée dans l'eau à analyser jusqu'à ce que la couleur vire au jaune (Figure 20). A ce moment on arrête l'agitation, et on lit la différence entre le  $V_2-V_1$ , la valeur sera multipliée par un coefficient (527) pour obtenir au final la valeur du  $\text{HCO}_3^-$ . ( **Annexe 08** )

#### B ) Expression de résultats

$\text{HCO}_3^-$  (mg/l) = Volume  $\text{H}_2\text{SO}_4$  × Normalité  $\text{H}_2\text{SO}_4$  Volume d'eau à analyser



**Figure 21:** Les réactifs de dosage de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).

### III.8. Détermination du Sulfate ( $\text{SO}_4^-$ )

Prendre 20 ml d'eau à analyser puis ajouter 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum.

Ce produit est agité énergiquement pendant 1 mn avant de le passer au spectrophotomètre ( **Annexe 09** )(ISO 5667)

#### Expression des résultats :

La mesure est obtenue directement en spectrophotomètre en mg/l.

$\text{SO}_4^{2-}$  = la valeur lue sur le spectrophotomètre x facteur de la dilution.

### III.9. Détermination de magnésium ( $\text{Mg}^+$ ):

Est calculé par sa relation avec calcium

## Matériels et méthodes

---

$$\left( \frac{Th}{50} - \frac{Ca^{2+}}{20,04} \right) \times 12,16 = (Mg^{2+}) \text{ mg/l}$$

### A) Expression des résultats :

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$Mg = \frac{\text{volume EDTA} \times \text{normalité EDTA}}{\text{volumed de l'eau à analyser}} \times 1000$$

# **Résultats et discussions**

# Résultats et discussions

## I. Les résultats d'analyses physiques et chimiques

### I.1. La comparaison avec l'étiquetage :

#### I.1.1. Echantillon 1 :

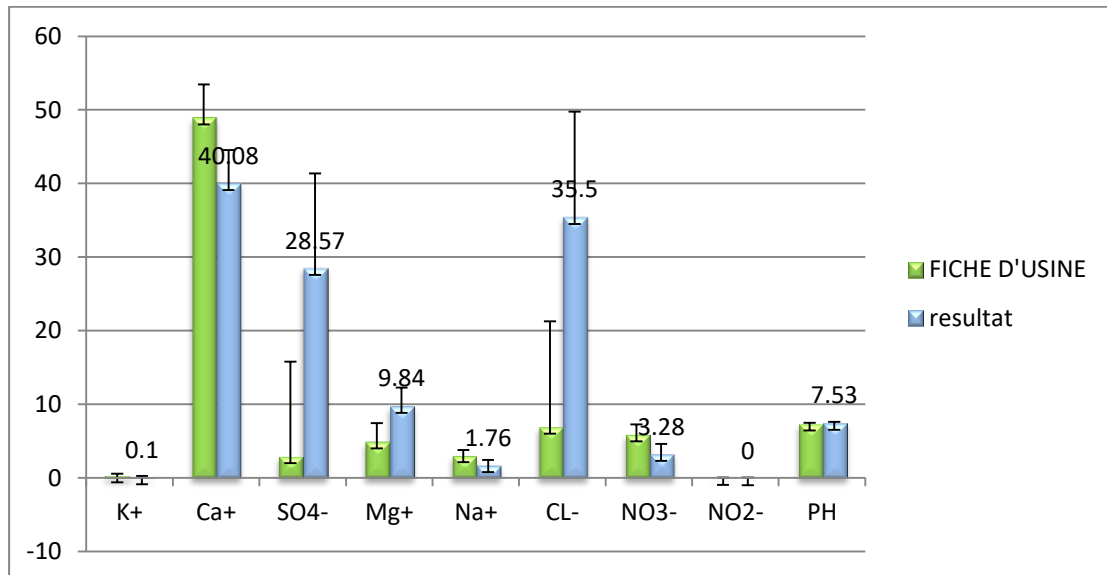


Figure 22 : La comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 1

- ✓ D'après les résultats qu'on a obtenu en remarquant qu'il a une différence dans les concentrations suivants :  $SO_4^-$  .  $CL^-$  .  $Ca^+$  par rapport l'étiquetage (**Annexe 10**).

#### II.1.2. Echantillon 2 :

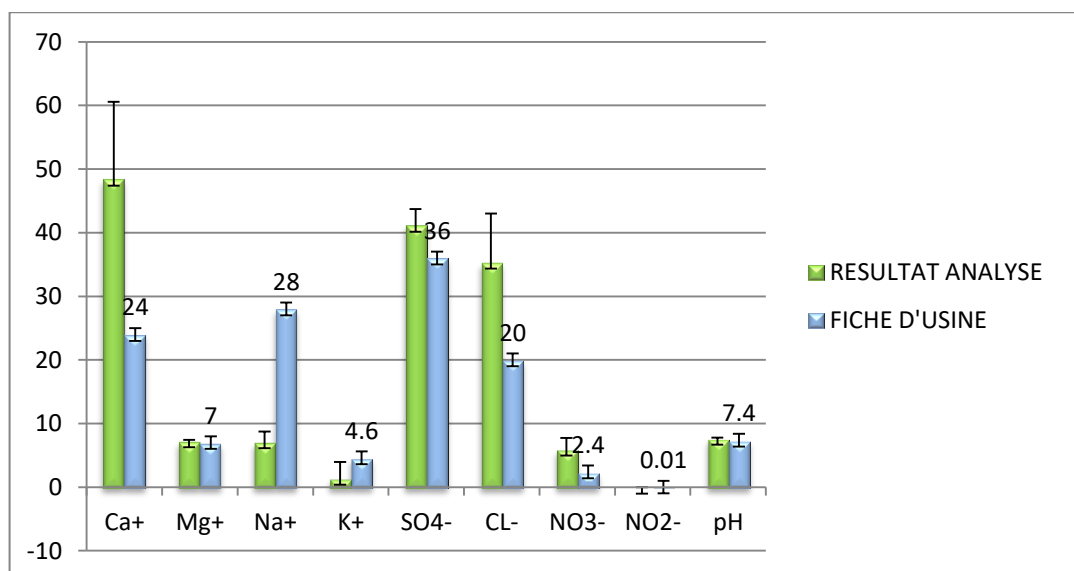
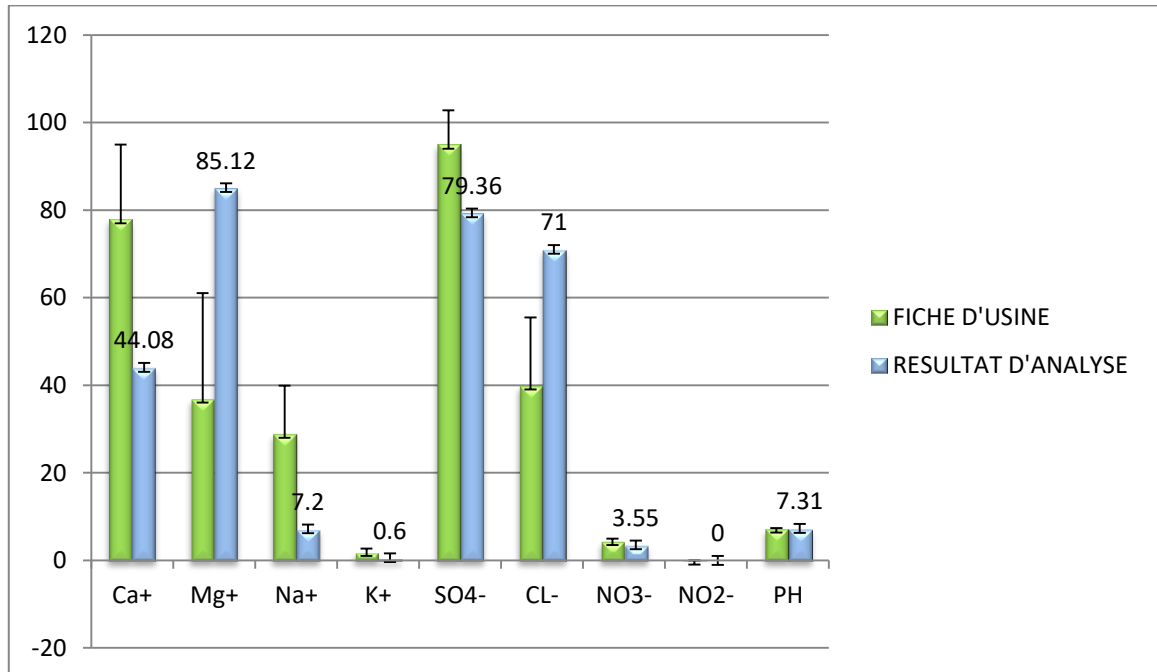


Figure 23 : La comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de échantillon 2

## Résultats et discussions

- ✓ A partir le résultat suivant nous avons remarquent des différent teneur en tous les paramètres seulement le pH, le  $Mg^+$  et le  $NO_3^-$  par rapport la fiche étiquetée par l'usine (**Annexe 11**)

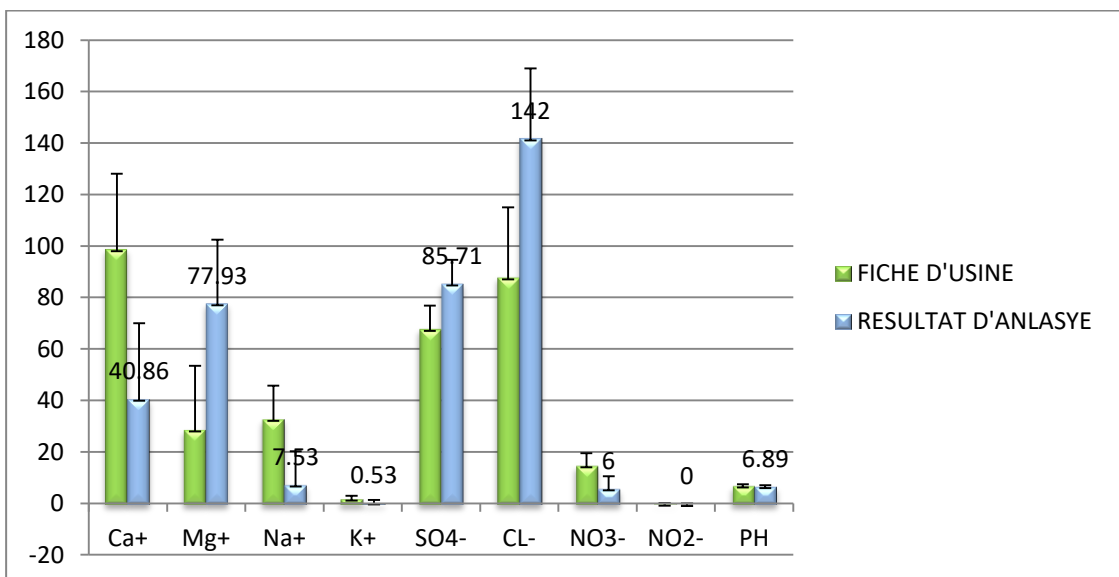
### II.1.3.Echantillon 3 :



**Figure 24 :** la comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 3

- ✓ D'après ces résultats en remarquant qu'il y'a une variation de concentration dans les paramètres suivant :  $Ca^+$ ,  $Mg^+$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $SO_4^-$  et  $CL^-$  par rapport la fiche d'usine . (**Annexe 12**)

### II.1.4.Echantillon 4:

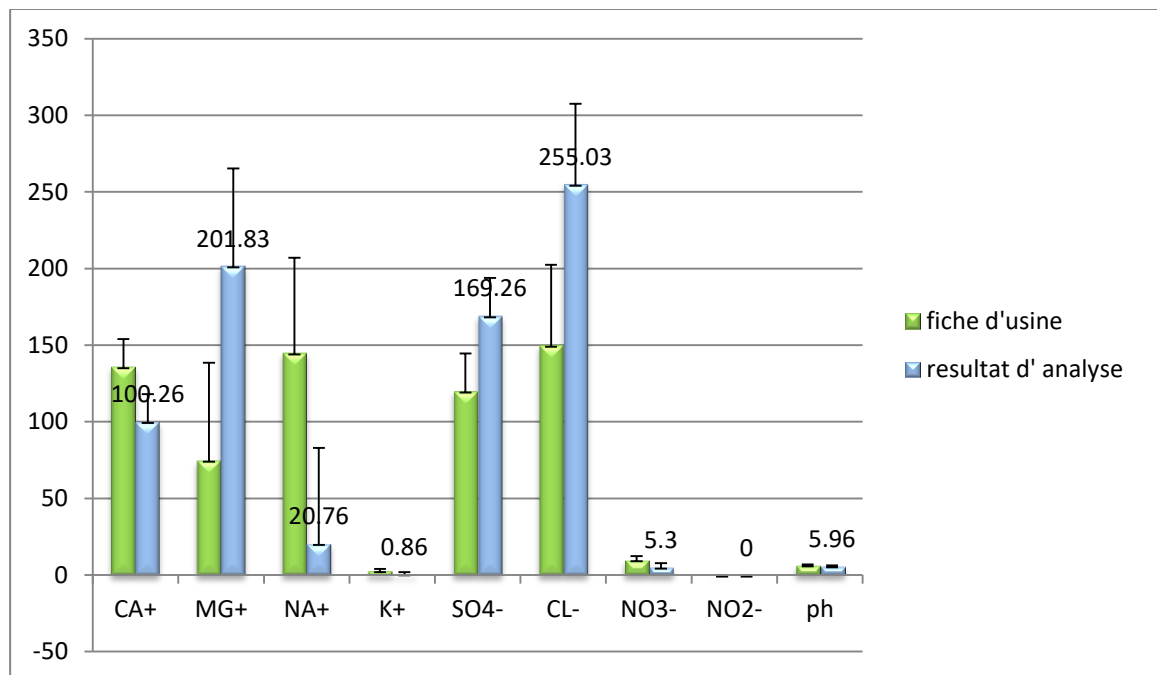


**Figure 24 :** la comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de l'échantillon 4

## Résultats et discussions

- ✓ A partir des résultats obtenus dans cette figure, observons la variation de la teneur dans tous les paramètres seulement  $\text{NO}_2^-$  et pH. (**Annexe 13**)

### II.1.5. Echantillon 5:



**Figure 26:** la comparaison de résultat d'analyser avec l'étiquetage de échantillon 5

- ✓ D'après les résultats suivants, on remarque de grandes variations dans tous les paramètres sauf dans le  $\text{NO}_2^-$  et le pH (**Annexe 14**)
- Donc dans tous les résultats obtenus, on observe des variations sur les concentrations des paramètres dissous dans l'eau minérale. Cela peut être dû aux effets météorologiques, de sorte que la pluie (**Annexe 15**) peut influencer la composition de l'eau minérale naturelle de différentes manières. Lorsqu'elle s'infiltre dans le sol, elle peut dissoudre des minéraux et des composés présents dans les roches, ce qui peut enrichir l'eau en certains éléments. De plus, la pluie peut également diluer la concentration des minéraux déjà présents dans l'eau. Cependant, les sources d'eau minérale naturelle sont souvent protégées par des couches de roches imperméables, ce qui limite généralement l'impact direct de la pluie sur leur composition. Aussi la température (**Annexe 16, Annexe 17**) peut affecter la composition de l'eau minérale naturelle de plusieurs façons. Par exemple, des températures plus élevées peuvent accélérer les réactions chimiques et la dissolution des minéraux dans l'eau, ce qui peut augmenter la concentration de certains éléments. De plus, les variations de température peuvent influencer la solubilité des minéraux, ce qui peut entraîner des

## Résultats et discussions

changements dans la composition de l'eau minérale naturelle au fil du temps. Cependant, ces effets peuvent varier en fonction de la géologie locale et des conditions spécifiques de la source d'eau composition. (encyclopédie de environnement. 2021)

### I.2. La comparaison avec les normes nationales et internationales de l'eau

#### A- La température T°C

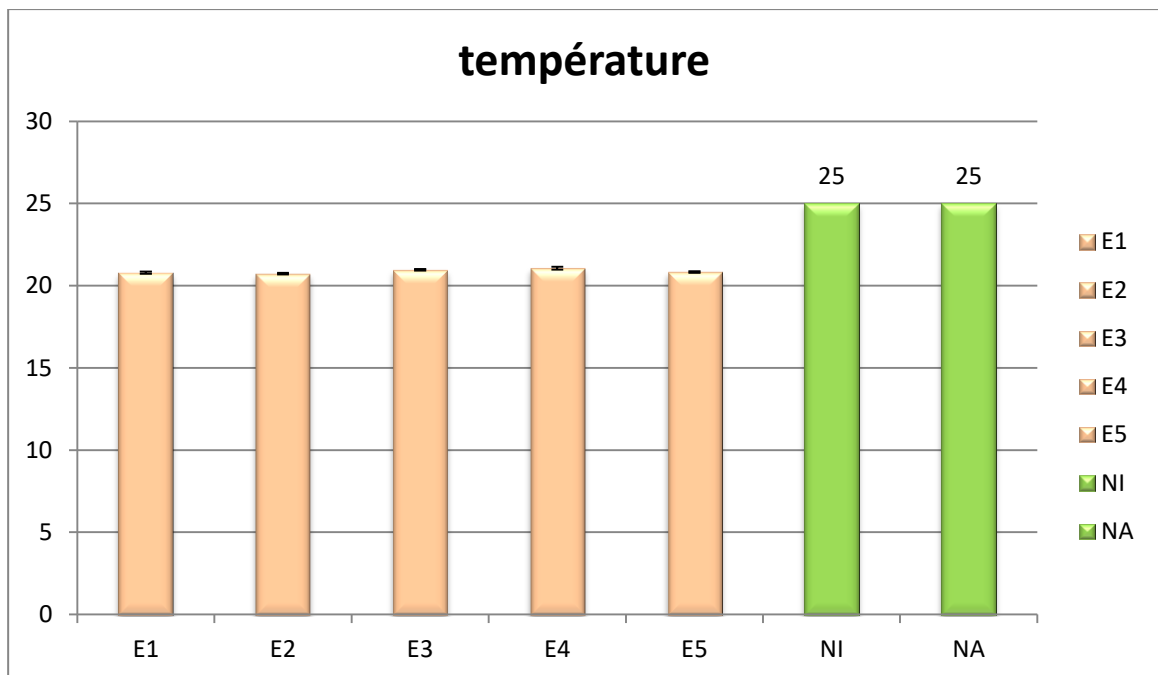
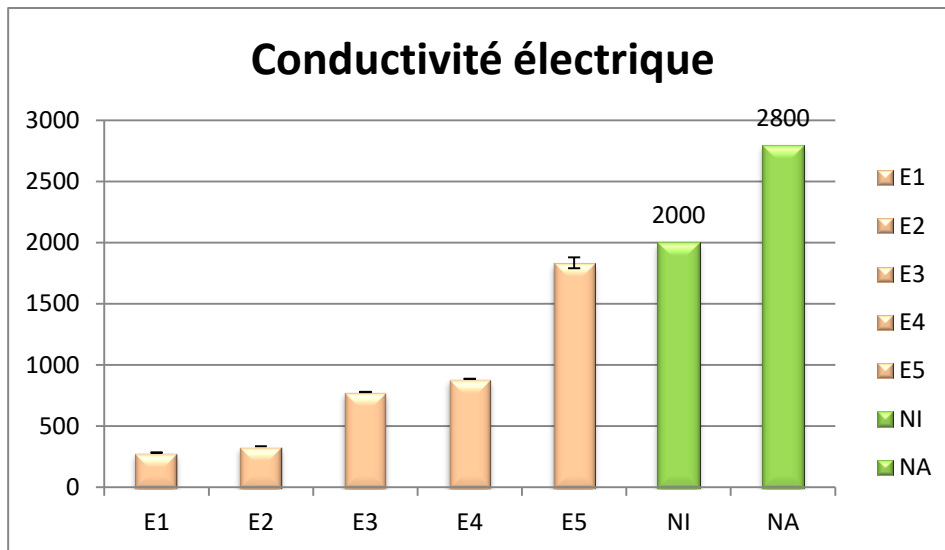


Figure 27 : Les valeurs de température C°

La température de l'eau analysée est reliée avec le climat. Tous les prélèvements ont des valeurs acceptables et conformes aux normes internationales (Annexe 18) et norme algérienne (Annexe 19) qui monter une valeur enregistrée inférieur à 25°C.

## Résultats et discussions

### B - La conductivité électrique



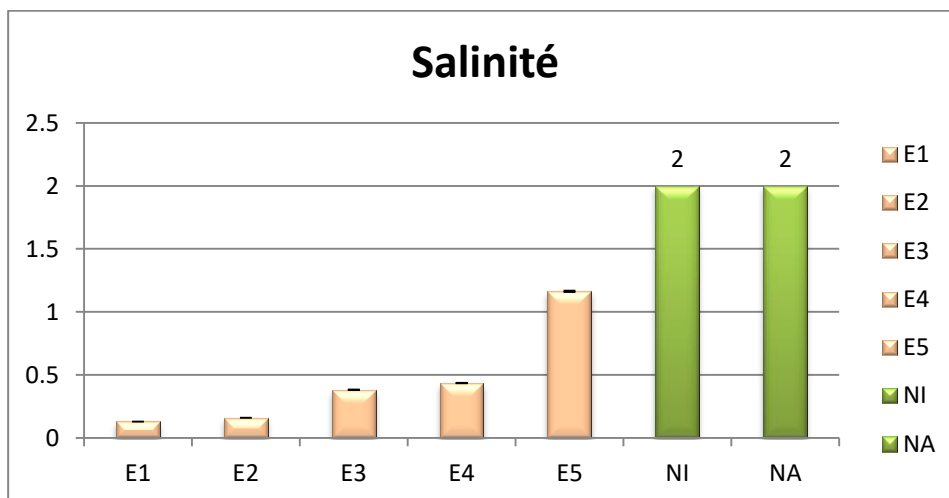
**Figure 28:** Les valeurs de conductivité électrique µs/cm

D'après les résultats que nous avons obtenus les valeurs de conductivité électrique des échantillons analysés varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 283.33 µs/cm à un maximum de 1835 µs/cm qui restent conformes aux normes internationales (**Annexe 18**) et les normes algériennes (**Annexe 19**).

La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (**Rodier., 2009**). Dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium, sodium, de chlorure et des bicarbonates, etc. .

### C - La salinité :

La salinité désigne la concentration de sels minéraux dissous dans l'eau, nous avons illustré ses résultats dans le graphique



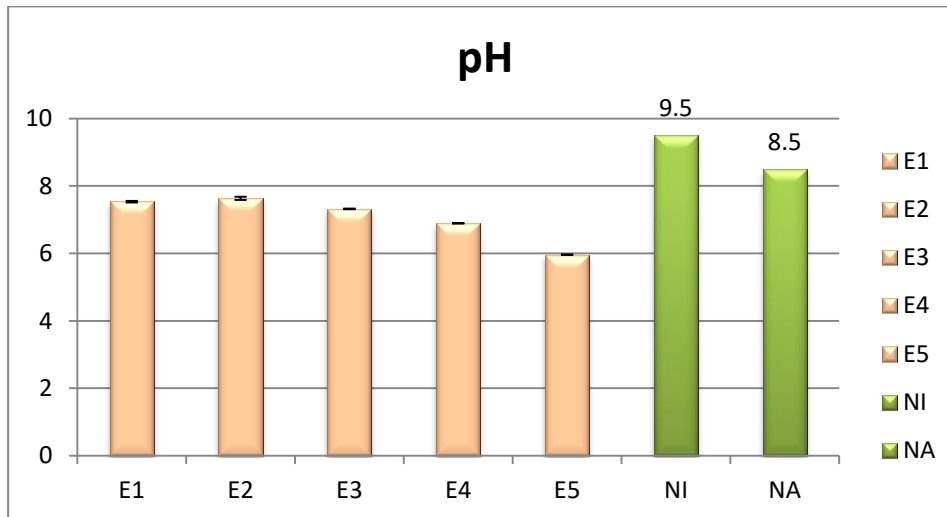
**Figure 29:** Les valeurs de salinité d'eau

## Résultats et discussions

Nous avons noté que les valeurs de la salinité totale se situent entre 0.13 mg /L et 1.163 mg/L, ces demies présentent ainsi une minéralisation souvent conforme aux normes internationales (**Annexe 18**) et Algériennes (**Annexe 19**) est de 2 mg /L.

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont les sels : de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), de sodium ( $\text{Na}^+$ ), les chlorures ( $\text{Cl}^-$ ), les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et les bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

### D - Le pH



**Figure 30:** les résultats du pH

Nous avons remarqué le pH entre 5.96 à 7.53, Les valeurs obtenues dans E1 E2 E3 E4 sont proches entre elle et aux normes internationales (**Annexe 18**) (pH compris entre 6.5 et 9.5) et norme Algérienne (**Annexe 19**) (pH compris entre 6.5 et 8.5) pour l'eau destinée à la consommation humaine. Les eaux analysées ont un pH voisin de la neutralité sauf E5 est un peu d'acidité Ce qui indique que cette eau est riche en minéraux acides naturels comme l'aluminium et le fer, qui provoquent une augmentation des ions hydrogène et abaissent ainsi la valeur du pH.

## Résultats et discussions

### E - La turbidité NTU

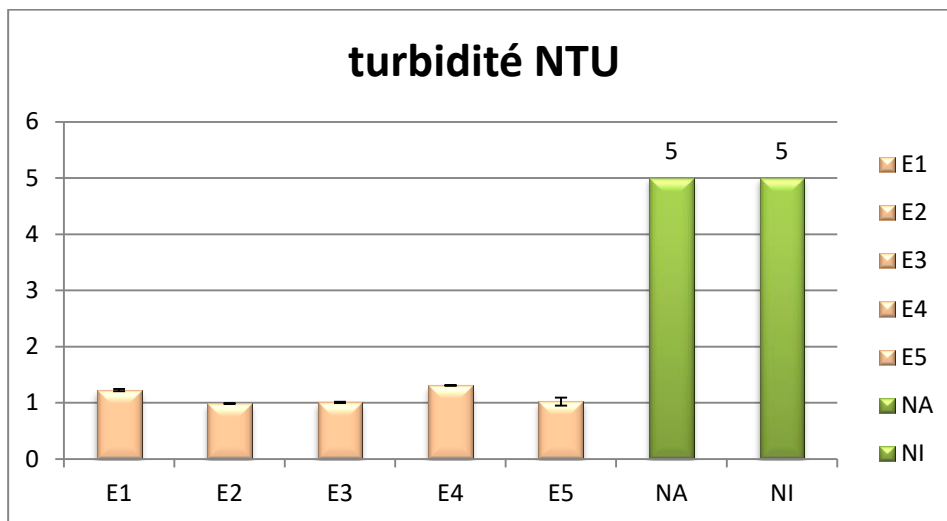


Figure 31 : Les résultats de Turbidité (NTU)

Nos résultats montrent que la turbidité varie entre 0.98 NTU et 1.31 NTU. Son claire normale est fixée à 5 NTU selon les normes internationales (**Annexe 18**) et norme Algérienne (**Annexe 19**). La turbidité affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson. Les consommateurs ont très souvent des exigences par rapport à ce paramètre.

### F - Les solides totaux dissous (mg/l)

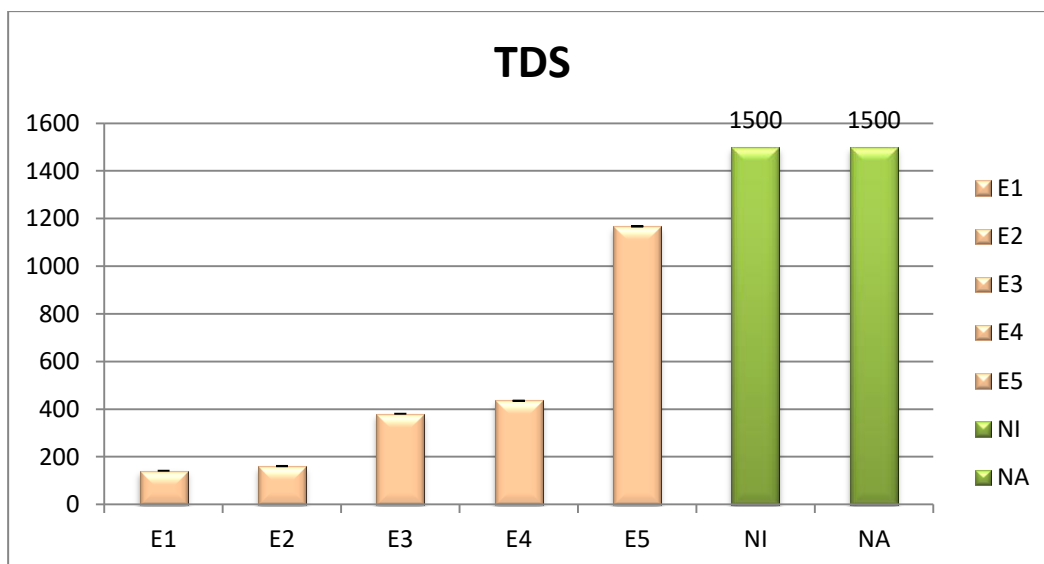
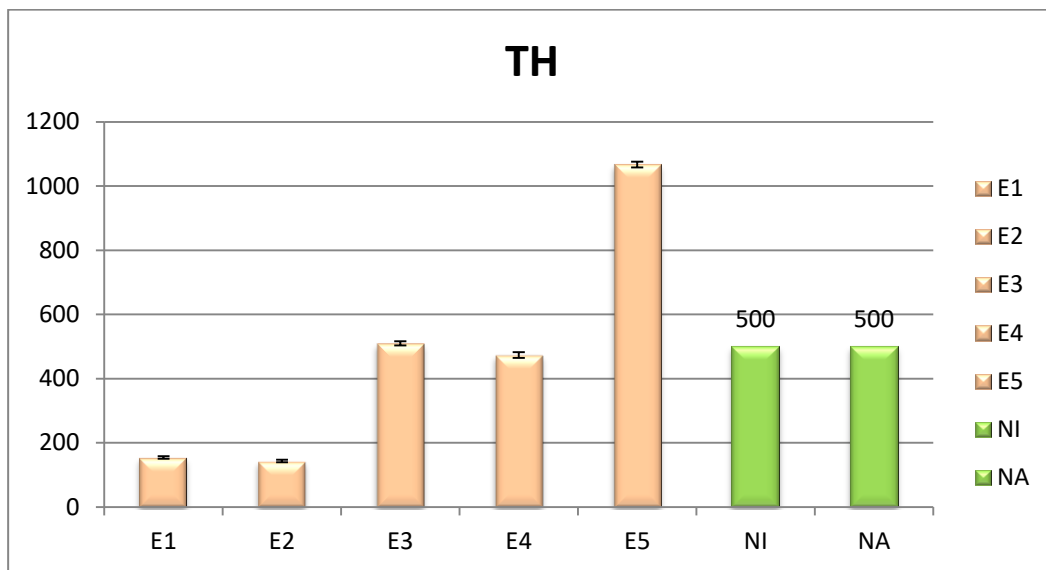


Figure 32: les valeurs des solides totaux dissous (mg/l)

TDS ou minéralisation totale, La teneur son claire des sels dissous de l'eau minérale que nous avons enregistrée varie de 141.5 mg/L et 1168 mg/l, nous remarquons que les valeurs de TDS sont variables d'un échantillon à un autre, cette variation peut être attribuée à l'apport de différents sels dissous. (**Annexe 18, Annexe 19**)

## Résultats et discussions

### G. Le titre hydrotimétrique TH

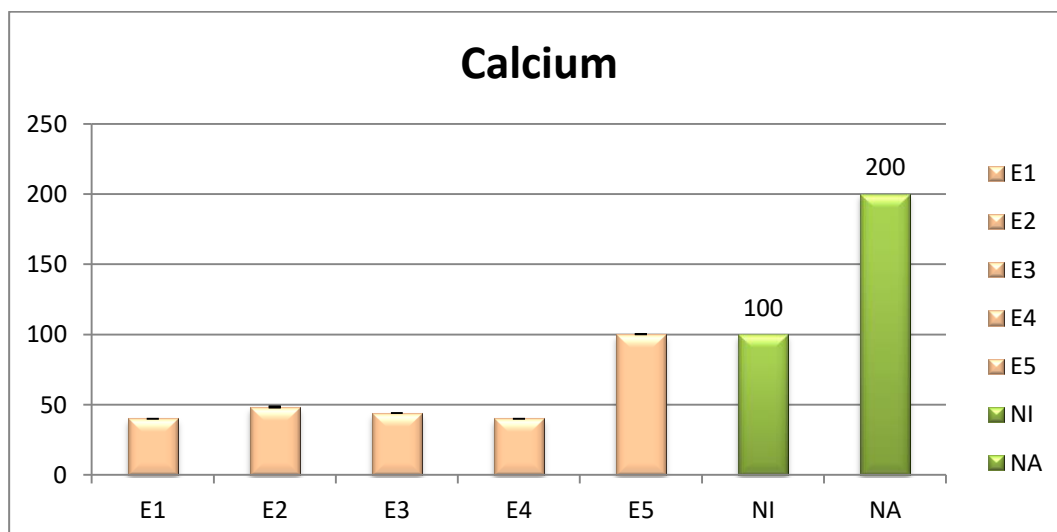


**Figure 33:** les valeurs de paramètre titre hydrotimétrique TH (mg/l)

D'après les résultats obtenus les valeurs de la dureté totale des eaux analysées entre 143 mg/l et 1066 mg/l.

Les échantillons E1 E2 E3 E4 sont durs et conforme aux normes internationales (**Annexe 18**) et Algérienne (**annexe 19**) par contre le E5 1060Mg/L est très dures, ce paramètre présente une grande variation qui serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère et en particulier à sa composition en magnésium et calcium.

### H. Le calcium



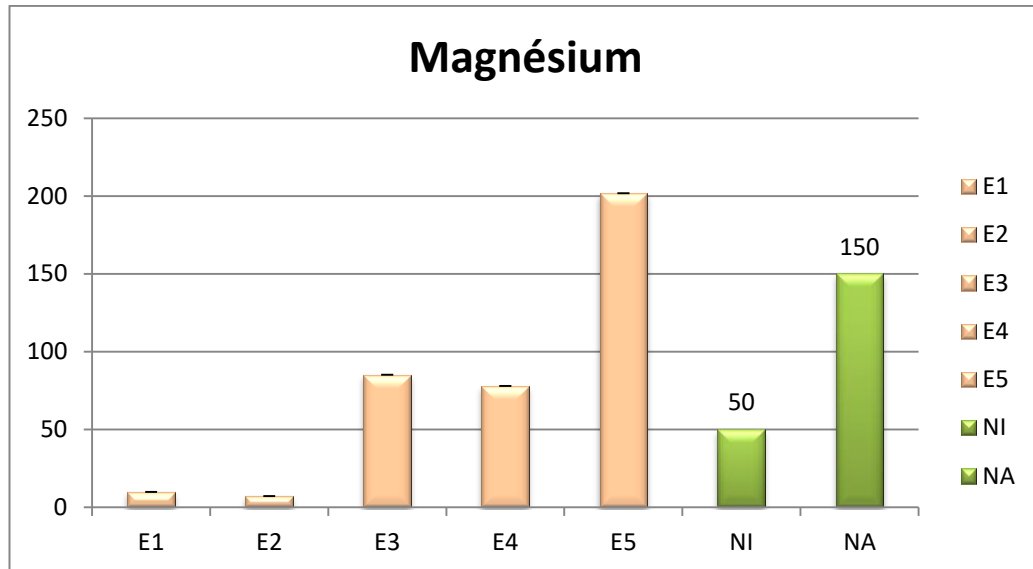
**Figure 34 :** les valeurs de calcium  $Ca^{2+}$  (mg/l)

La figure représente les valeurs du Calcium dans les eaux minérales étudiées. Concernant ce paramètre, On remarque des teneurs variant de 40.08 mg/L (E3) à 100.26 mg/L (E5) et qui restent toujours dans les normes Algériennes et internationale. (**Annexe 18** , **Annexe 19** )

## Résultats et discussions

Le calcium est généralement l'élément dominant dans les eaux minérales, c'est un composant majeur de la dureté de l'eau métal alcalin terreux. Sa teneur varie essentiellement selon la nature des terrains traversés.

### i . Le magnésium :



**Figure 35 :** les valeurs de magnésium (mg/l)

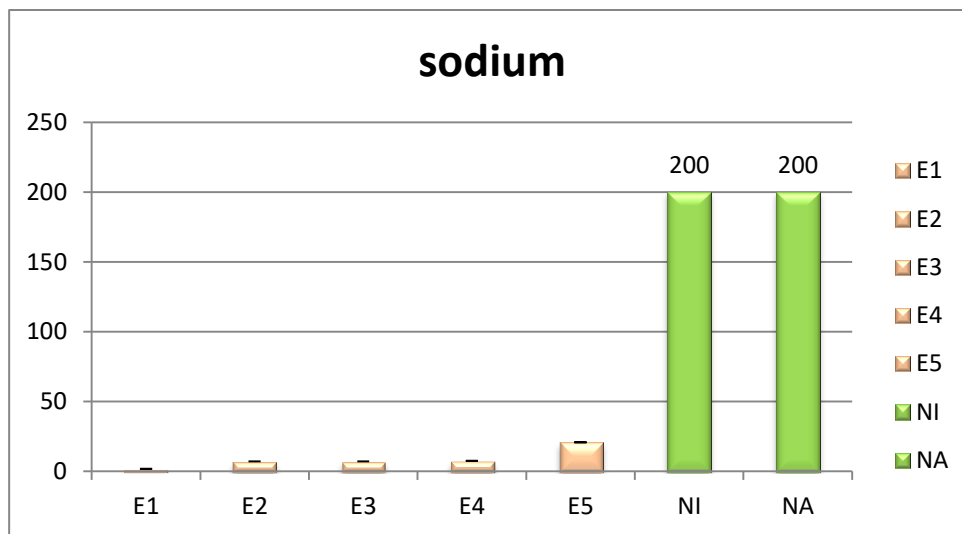
Les concentrations de magnésium dans les échantillons varient entre 7.3mg/l et 201.85 mg/l.

On observe les faibles valeurs dans E1 E2 et restant dans les normes internationales et Algérienne, E3 et E4 sont supérieures aux normes internationales (**Annexe 18**) mais restent toujours aux normes Algériennes (**Annexe 19**) par contre le E5 dépasse les normes.

Pour la concentration élevée de magnésium dans E5 est généralement dû à la présence des minéraux argileux souvent associés au calcaire. (**encyclopédie de environnement. 2021**)

## Résultats et discussions

### J. le sodium :

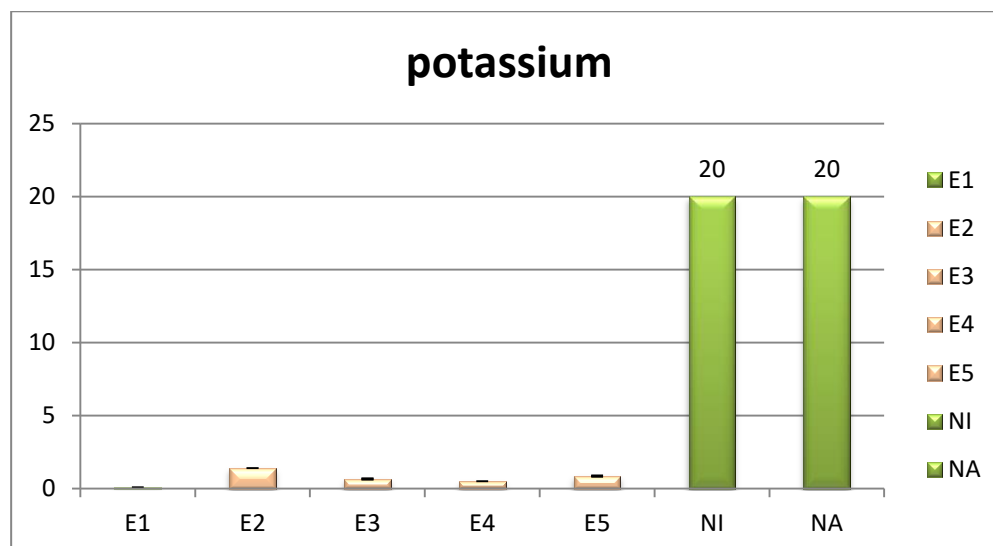


**Figure 36** : les valeurs de sodium (mg/l)

Dans les Cinq échantillons à étudier, les concentrations du sodium dans l'eau analysée varient entre 1.8 mg/l et 20.8mg/l le E5 est un peu riche de sodium cette augmentation pourrait avoir pour origine lessivage des engrais des sols pauvre en humus.

On a observé que tous les résultats respectent les normes internationales (**Annexe 18**) et Algérienne (200mg/l) (**Annexe 19**).

### K. Le potassium



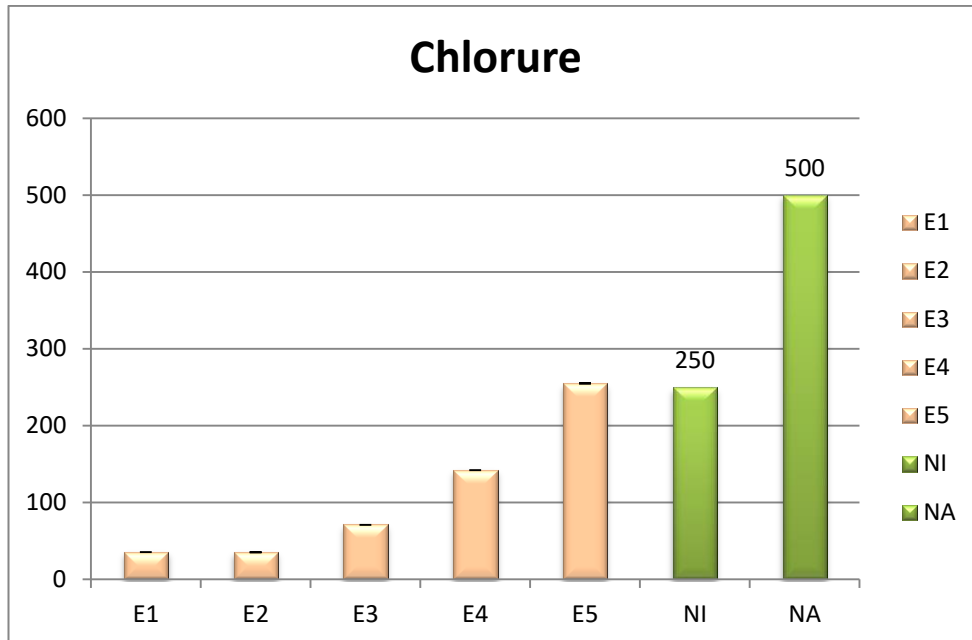
**Figure 37** : les valeurs de potassium (mg/l)

Les résultats d'analyse du potassium dans les eaux analysées varient entre 0.1 mg/l et 1.4 mg/l. Nous remarquons que les valeurs sont relativement inférieures et acceptée en comparant aux normes internationale (**Annexe 18**) et Algérienne (20mg/l) (**Annexe 19**).

## Résultats et discussions

Aussi la présence potassium dans tous les échantillons à des concentrations significatives est liée à la lithologie de la région étant donné que ces éléments entre dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologiques.

### L. Le chlorure



**Figure 38:** les valeurs de chlorure (mg/l)

Le teneur en chlorures des eaux analysées est varié entre 35.5/l et 255.6 mg/l. Nous remarquons qu'E1 E2 E3 E4 E5 dans les normes internationales (**Annexe 18**) mais l'E5 dépasse la norme nationale (250 mg/l) (**Annexe 19**). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la dissolution de dépôt de sel

selon **Andrews et al., (2009)** ont mentionné que les ions chlorures, à une concentration supérieure à 250 mg.L-1, altère la saveur de l'eau (désagréable), ce qui peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau, corrosif pour les réseaux de distribution.

## Résultats et discussions

### M. Le sulfate :

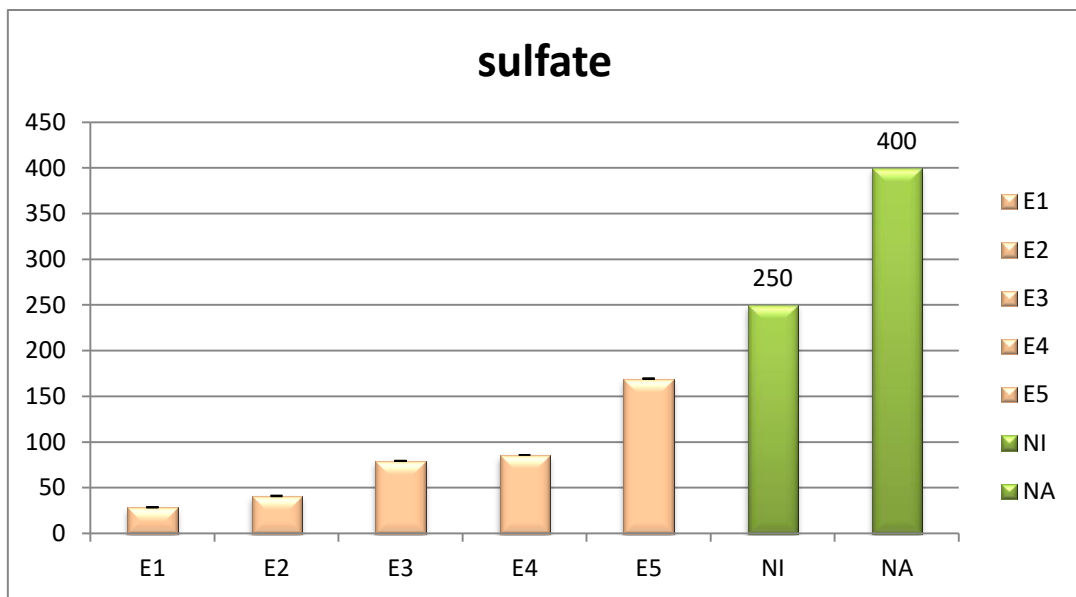


Figure 39 : les valeurs de sulfates (mg/l)

Les résultats montrent que les valeurs du sulfate présentes dans les eaux minérales sont comprises entre 28.57mg/l et 165.9mg/l. Donc tous les résultats sont acceptables par rapport aux normes internationales (Annexe 18) et Algérienne (Annexe 19).

Des concentrations élevées en sulfate peuvent entraîner des effets néfastes pour la santé, il donne un goût amer, cela rend désagréable à la consommation. (OMS, 2006)

### N. Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

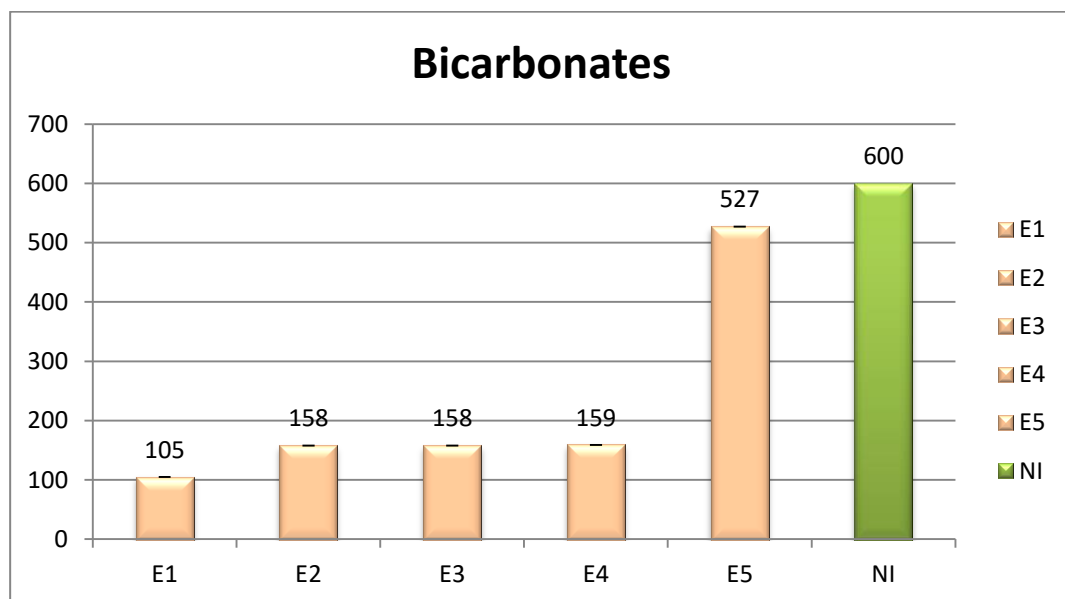


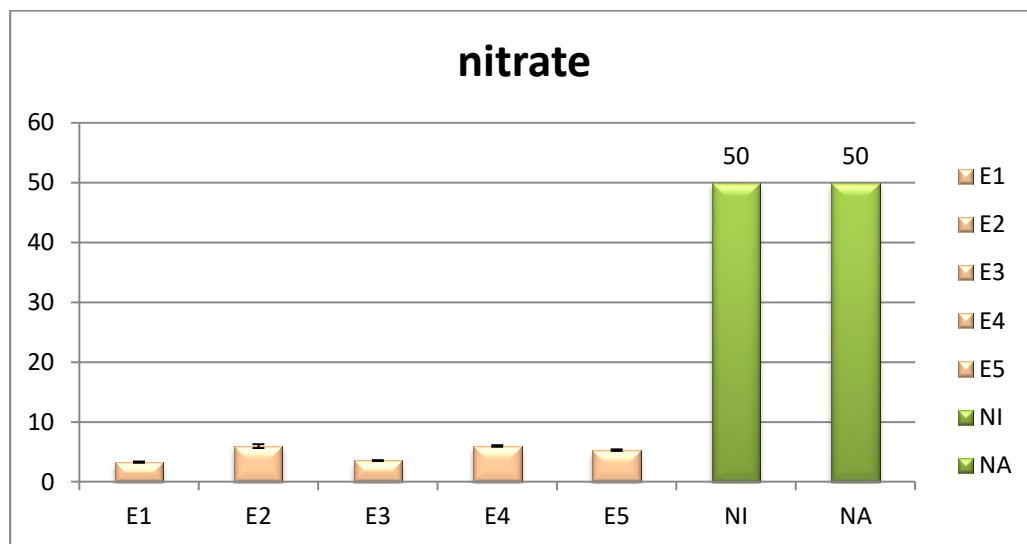
Figure 40 : les valeurs de Bicarbonates (mg/l)

## Résultats et discussions

Les bicarbonates sont considérés comme les anions les moins réponsus dans les eaux. La teneur des bicarbonates dans l'eau dépend des terrains traversés (**Rodier, 2005**).

Les normes Algérienne ne fixent pas des limites pour ce paramètre. Les résultats obtenus de l'analyse du bicarbonate dans les eaux minérales varient entre 105 mg/l et 527 mg/l . Il est à signaler que ces eaux répondent aux normes de internationales (600 mg/l) . (**Annexe 18**)

### O. Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

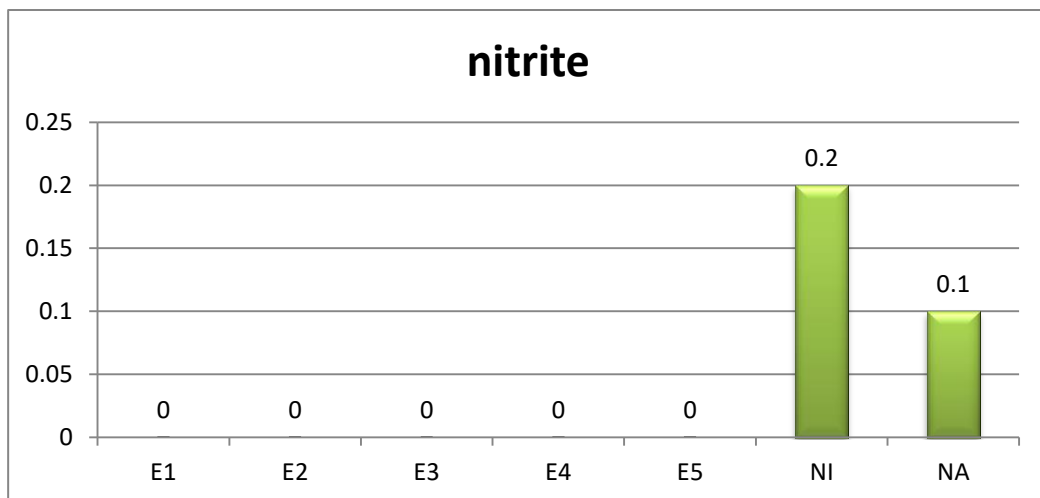


**Figure 41:** les valeurs de nitrate (mg/l)

Les teneurs des nitrates varient entre 3.28 mg/l 6 mg/l, Ont été observées que tous résultats n'ont pas dépassé les normes internationales (**Annexe 18**) et les normes Algériennes (**Annexe 19**)

Les sources de nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décomposition, les engrais agricoles, le fumier, les eaux usées domestiques et les formations géologiques contenant des composés azotés solubles (**Adam, 1980**)

### P. Le nitrite



**Figure 42** : les valeurs de nitrite (mg/l)

Les résultats indiquent pas de nitrite dans tous les échantillons, c'est une signification de absence d'une pollution liée aux activités humaines : rejets urbains et industriels et surtout agriculture et élevage intensifs et reste toujours acceptable et dans la norme mondiale qui est de 0.2 mg/l (**Annexe 18**) et l'Algérienne 0.1 (**Annexe 19**).

# CONCLUSION

# CONCLUSION

---

## Conclusion

L'eau un est élément plus important pour les êtres vivants, les caractéristiques physico-chimiques différente d'un eau à l'autre selon le sol, le milieu, le climat. La comparaison des résultats étudie des eaux minérales en bouteilles avec ces qui mentionné sur l'étiquetage puis avec les normes standards (FAO, OMS) mondiale et les normes algériennes

Nous constants qu'il y a des changements entre les concentrations analysées et les paramètres. Cela est dû aux caractéristiques météorologiques, ce qui influencer sur les concentrations des caractéristiques en fonction des changements de température et la pluie. **(Encyclopédie d'environnement. 2021)**

Selon les normes algériennes et internationales, les résultats des analyses obtenus on constate sur le plan physique que :

- La température de l'eau analyser entre 20,73 C° et 20,96 C° restent dans les normes sont reliés avec la température ambiante.
- Le pH de des eaux varie entre 5,96 et 7,66 conforme aux valeurs des normes exceptionnellement l'échantillon E5 légèrement acide à cause de sa richesse en composants acide.
- Les valeurs de la conductivité électrique des eaux varient entre 283,33 us/cm et 1835 us/cm sont conformés aux normes nationales et internationales
- La turbidité des eaux varie entre 0,98 NTU et 1,31 NTU, est inférieure aux normes dans tous les prélèvements.
- Pour le TDS tous les échantillons restants aux normes sauf échantillon E5 en a enregistré une valeur de 1168mg/L la plus élevée en sels dissous.

Sur le plan chimique on observe que :

- Les valeurs de la dureté TH sont normales, ils sont dures sauf échantillon E5 est très dure qui dépasse les normes.
- Les concentrations des ions Calcium, sodium et potassium conforme aux les normes nationales et internationales dans tous les échantillons analysées.
- Pour la concentration de Magnésium dans les échantillons E1, E2 est normale, pour les échantillons E3, E4 dépassant légèrement les normes internationales. Sauf l'échantillon seulement E5 ce dépasse largement tous les normes et cela dû à la présence des minéraux argileux.
- Les concentrations des Sulfates, Bicarbonates, Nitrates et Nitrites sont conformes aux tous les normes.
- L'analyse du chlorure pour tous les échantillons est conforme avec les normes sauf l'échantillon E5 dépasse les normes internationales mais acceptable aux normes algériennes.

## CONCLUSION

---

Donc nous concluons que les eaux minérales commercialisées à Laghouat ont une bonne qualité physico-chimique qui ne présente aucun risque pour la santé des consommateurs. Aussi, la différence observée entre l'étiquetage et les résultats d'analyse effectués au niveau de l'ADE est normale, cela est dû aux effets métrologiques.

La composition de l'eau minérale naturelle peut varier considérablement d'une marque à l'autre. L'eau minérale est importante pour obtenir de multiples bienfaits pour la santé, et le consommateur peut choisir une eau avec une teneur en minéraux spécifique, car il doit s'assurer de choisir l'eau appropriée. Pour les besoins de son corps tout en buvant de l'eau en quantité suffisante pour maintenir sa santé.

### **Recommandations et perspectives :**

- ✓ Si l'eau est riche en calcium et en magnésium, elle est bénéfique pour les femmes enceintes, les femmes allaitantes, les jeunes enfants et les sportifs.
- ✓ L'eau qui contient un pourcentage élevé de bicarbonate est recommandée aux personnes souffrant de problèmes digestifs, d'insuffisance rénale et aux sportifs.
- ✓ Si la quantité de sodium est faible dans l'eau, elle est recommandée aux patients hypertendus.
- ✓ Il faut compléter notre travail en faisant d'autres tests d'analyses physico-chimiques très poussées par un organisme indépendant pour confirmer les teneurs en sels minéraux.  
(André. 2024).

**LISTE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

---

1. **Arouya, K. (2011)**. Pollution des eaux : impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface.
2. **André, V. (2024)** . .l'eau pour tous, tous pour l'eau. Hermattan . 190 pages.
3. **ADE, 2023**. Algérienne des eaux de la wilaya de Laghouat.
4. Afnor T90-012
5. **Alexandre, A. (2018)**. Bilan de l'activité 4-1 : Les états solides et liquides
6. **Andrews B.F., Campbell D.R., Thomas P., (2009)**. The Lancet 2. Volume 373, page 64-79. APHA.
7. **Belghiti M. L., Chahlaoui A., Bengoumi D., El moustaine R. (2013)**. Étude de la qualité physico -chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc). Larhyss Journal. ISSN 1112-3680.n°14. Pp21-36.
8. **BENAAKAME Rachid. BENAMMI Fatima. NOUARI Naima. Walid Myrieme. BARAKATE Nezha. AZIZI Rokya. EL HAMRI Hicham. (2019)**. Guide des analyses physico-chimiques des eaux destinées à la consommation humain. INH (Institut nationale d'hygiène MAROC).
9. **Boeglin. J.C. (1999)**. Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité.
10. **Bouziari , M., (2000)**. L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
11. **Bouziari M. (2000)** . L'eau de la pénurie aux maladies, Editions IBN-KHALDOUN, Algérie.
12. **C.I.E. (2005)**: Centre d'information sur l'eau disponible sur internet [www.Cieau.com](http://www.Cieau.com), 89p.
13. **Canellas , J. (1995)**. Au sujet de la définition et de la réglementation des eaux minérales naturelles. La Houille Blanche, N° 213
14. **Chaden , M. (2014)**. Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine, Pp99
15. **Chaden, M. H. (2014)**. Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique. Thèse de doctorat en géosciences. Université de Lorraine. Pp99
16. **Chenaoui (2008)**. Régression Des Maladies À Transmission Hydrique, Journal quotidienne de la liberté 26/05/2008.

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

---

17. **CHEVALIER, P. (2003)**. Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, p4.
18. **Chocat, B., Levi, Y., Brelot, E. (2015)**. L'eau du robinet est-elle différente de l'eau en bouteille .Méli-Mélo. Démêlons les fils de l'eau
19. **Codex alimentarius ( 2001)** , Norme alimentaire international ,
20. **Commission du Codex Alimentarius. (2007)**. L'Eau. Première Edition, Rom
21. **Degremont .(1989)** .Mémento technique de l'eau, Tome 1 & 2, Collection Degremont, ISBN 2-9503984-0-5, p: 1459.
22. **Diop C., (2006)**. Etude de la qualité microbiologique des eaux de boisson conditionnées en sachet et vendues sur la voie publique dans la région de Dakar, mémoire de diplôme d'études approfondies de productions animales, université cheikh anta diop de Dakar.
23. **Directive 2009/54/CE** du parlement Européen et du conseil du 18 juin 2009, relative à l'exploitation et à la mise dans le commerce des eaux minérales naturelles, Journal officiel de l'Union Européenne, p177
24. **Directive européenne, 2003** : Directive européenne 80/777/CEE amendée par la Directive 96/70/CE et la Directive 2003/40
25. **Document Agence Nationale des ressources hydrauliques**. Rapport technique : les forages.
26. **EDBERG S. C., RICE E. W., KARLIN R. J., ALLEN M. J., (2000)**. Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of appliedmicrobiology, n°88:106-116.- édition: Masson.P523.
27. **Encyclopedie d'environnement. (2021)** . Eaux minérales naturelles
28. **Encyclopédie Encarta (2005)**.
29. **Environ. Sci.**1068-1081. ISSN: 2028-2508. CODEN: JMESCN.
30. **F.Constant et N.Hawili . ( 2011)** . Les eaux embouteillées Bottled waters. Cahiers de Nutrition et de Diététique 46, 40-50 .
31. **Feachem, R. G., Bradley, D. J et Garelick, H. M. D. D. (1983)**. Sanitation and disease health aspects of excreta and wastewater management. The World Bank. Iere Ed U.S.A, pp 6-12.
32. **Francois , A. (2008)**.l'eau et ses enjeux. Ed de Boeck. P : 134.
33. **Gassambe. (2006)**. CONTRIBUTION A UNE MEILLEURE CONNAISSANCE DE LA REGLEMENTATION ET DE LA COMPOSITION PHYSICO-CHIMIQUE DES

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

---

- DIFFERENTES MARQUES D'EAU MINERALE VENDUES AU MALI. these devant la Faculté de Médecine, de pharmacie et d'Odonto-Stomatologie .
34. **Gaujous, D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques, Aide-mémoire. 2eme Ed. Tech et Doc. Lavoisier, Paris. 49 P
  35. **Gaujous, D.** La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire 2éme édition
  36. **Gbohaida, V., Agbangnan, D. C. P., Ngossanga, M. B., Medoatinsa, S.E., Dovonon, L. F. C, Wotto, D.V., Avlessi, f, .Sohounhloue, D.C.K. (2016).** Etude de la qualité physicochimique de l'eau de boisson dans deux localités du Bénin : Cotonou et Dassa-Zoumè. Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(1). P422-434
  37. **Gerard, G., Philippe, H. (2014).**Eaux et santé. Hegel .Vol 4, N°3.3p.DOI:10.4267/2042/54108
  38. **Gerard, M. (2003).** La qualité de l'eau et l'assainissement en France. Rapport de l'OPECST n° 215.fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. Tech. Disponible au format Acrobat (893 Koctets)
  39. **Gerard, M. (2003).** La qualité de l'eau et l'assainissement en France. Rapport de l'OPECST n° 215.fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. Tech. Disponible au format Acrobat (893 Koctets).
  40. **Hade, A. (2002).** Nos Lacs – Les Connaître Pour Mieux Les Protéger, Éditions Fides, p360.
  41. **Hanriot, M. (1911).**Les eaux minérales en Algérie. Dunod & Pinas, Paris, France , p55
  42. **Hartemann, P. (2013).** Eau de consommation, risque, santé.Sciences Eaux & Territoires /1 (Numéro 10). Disponible sur : <https://doi.org/10.1080/16273902.2013.811111> ISSN 2109-3016. Pp 14-21
  43. **Herve, maneglier.(1994)** .historique de l'eau.education, JULLIARD .240p
  44. Institute national de la santé publique.(2015 )
  45. **ISO 5667. (2004).** Qualité de l'eau - échantillonnage.
  46. **ISO 6058.(1984 )**.Qualité de l'eau –dosage de calcium-méthode titrimétrique à l'edta
  47. **ISO 757,189. (1990).** Agricultural tractors -Test procedures -- Part 1: Power tests for power take-off.
  48. **ISO 9297 - NA 6917 .**Qualité de l'eau - Dosage de chlorures - Titration au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr)
  49. **ISO 9964/3. (1993).**Organisation internationale de normalisation .Qualité de l'eau. Dosage du sodium et du potassium par spectrométrie d'émission de flamme. Edition1, pages 5

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

---

50. **Jean , J.C. (2002).** La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Paris, p96
51. **JORA. (2009).** Le décret exécutif n° 09-414. Journal Officiel de la République Algérienne N°7. (2009), Alger : 10-1520.
52. **Journal officiel de la république Algérienne. (2004).** N° 45.
53. **Journal officiel de la république algérienne. (2004).** N° 45. Alger, pp: 9-10.
54. **Journal officielle de la république Algérienne septembre. (2005).**
55. **Kettab , A. Et al. (2008).** Revue des Sciences de l'Eau (2), 247-256 .
56. **Labadi, A.S., Hammache ,H. (2016).** Etude comparative des eaux minérales et des eaux de sources produites en Algérie. Larhyss Journal. 13 (4).
57. **Lefèvre, J.G. (1991).** Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
58. **Lelerc, H. (1977).** Et al, Microbiologie appliquée, Edition Doin., p: 94-96.
59. **Lerevre, D., et Andréassian, V. (2016).**l'eau en péril .Une ressource à préserver au quotidien. Académie de science. Quae. Léré Ed .pp (83-84).
60. **Maabilot, A. (1986).** Le forage de l'eau. Guide pratique .Edition. Johnson .Filtration systèmis. P237.
61. **Marsily, G. (1995).** La protection des eaux minérales et des eaux de source : des zones de protection renforcées. La Houille Blanche, N° 2/3.
62. **Marsily, G. (2006).** Académie des Sciences. Les eaux continentales. Rapport sur la Science et la Technologie n° 25. Paris : EDP sciences. 328 p
63. **Maurel, A. (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. 2ème édition. Paris TEC & DOC 286p.
64. **Mazzuoli, L. S. (2012).** La gestion durable de l'eau Ressource. Qualité. Organisation. 2ème Ed. Pp 60, 61,70.
65. **Méthode ISO 5667-3.(2003).** Techniques généralement appropriées pour la conservation des échantillons
66. **MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE Recueil de renseignements vulgarisés sur l'eau. (1994).** De l'eau pour demain,
67. **Ministère de la Santé. (2015).** Institut National de Santé Publique. Maladies hydriques.
68. **Nedjimi,S.(2006).** Contribution à l'étude piézométrique et hydro chimique du Synclinal du Djelfa. Thèse, Ing, Agro. Université de Djelfa. P32.

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

---

69. **Nicollier, Marie. (2021).** Océane Haenni. Sources: CNRS et Boron & Boulpaep «Medical Physiology».
70. **Nouayti, N., Khattach, D., Hilali, M. (2015).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc).
71. **O.M.S. (1985)** Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève, Vol 1. P158-160.
72. **Odoulami, L. (2009).** La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin). Thèse de Doctorat Unique pour l'obtention du grade de Docteur ès Lettres de l'Université d'Abomey-Calavi. Pp33
73. **Olivaux, y.( 2007).** La nature de l'eau. Ed. Marco Pietteur. France. 563 p.
74. **OMS. (2004).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3 ème, édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110p.
75. **OMS. (2008).** Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson. 2eme Edition, Volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, Genève, 1150 p.
76. **OMS/PNUE. (1977).** Recommandations pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Programme à long terme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution de la mer Méditerranée, 156 p.
77. **Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2015).**La qualité des eaux conditionnées en France
78. **Popoff, G., Honegger, J.L. (1990)** . Les eaux minérales et les matériaux en contact. Hydrogéologie, 4, p. P 233- 240.
79. **Proff, G.( 1992)** .les bonnes pratiques d'exploitation des eaux minérales dans un établissement thermal. Press. Therm. Clim, 129,n°3 ;p,192-201.
80. **PULIM. (1991).** L'eau et la santé en Afrique tropicale colloque pluridisciplinaire Géographique. Médecine limoges.
81. **Ramade, F. (1998).** Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Ed. Science international, Paris. 487p.
82. **RAMBAUD, A. (1992).** Les eaux conditionnées, In: Les eaux conditionnées de D. Tampo, Tec & Doc Lavoisier, Paris, 175 p.
83. **Rejsek. (2002).** Analyse des eaux–Aspects règlementaires et techniques biologie technique CRDP d'aquitaine, p358

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

---

84. **Rodier, J. (1984).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 5<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris, 1500 p.
85. **Rodier, J. (1996).** L'analyse de l'eau eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer Edition Lavoisier Tec & Doc.
86. **Rodier, J. (1999).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eau résiduaires, eau de mer. T<sup>ème</sup> Edition : Dunod, Paris
87. **Rodier, J. (2005) .** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris. 1381 p
88. **Rodier, J. (2005) .** l'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod. Paris, p .1383 ,1479.
89. **Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8<sup>ème</sup> édition, Dunod, Paris. 1381 p.
90. **RODIER, J. (2009).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9<sup>ème</sup> édition: Dunod, Paris.
91. **RODIER, J.(1996).** l'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6<sup>ème</sup> édition: Dunod, Paris. 557-570p et 968-1079p .
92. **RODIER, J. (1978).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 6<sup>ème</sup> édition.
93. **Roussel, P. Journal of organizational behavior.( 1999).**20 (7), 1003-1025.
94. **Samake , H. (2002) .** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001, 77p.
95. **Samake, H. (2002).** Thèse de doctorat analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000-2001 faculté de médecine, 58p.
96. **SAMAKE, H. (2001).** Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de contamination de la ville de BAMAKO durant la période 2000 et 2001, thèse pour obtenir le grade de Docteur en pharmacie (Diplôme d'Etat), Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'odonto Stomatologie, Université de Bamako, p 41-47
97. **Savary, P. (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, Ed. Territorial Voiron, France, p122
98. **Shiklomanov I. A., Rodda ,J. C. (2003).** World Water Resources at the Beginning of the 21<sup>st</sup> Century. Cambridge: Cambridge University Press

## LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

---

99. **Shiklomanov, I.A. (1999).** Summary of the monograph « World Water Resources at the beginning of the 21st century » prepared in the framework of the IHP UNESCO. Saint Petersburg: State Hydrological Institute (SHI)
100. **STONE , A . (2013).** The Theory of Intermolecular Forces, Oxford University Press.
101. **Taleb, S. (2014).** Confrontation des normes Algériennes des eaux potables aux directives de l'organisation mondiale de la santé (OMS).
102. **Tardat. Henry, M. (1992).** Chimie des eaux .Edition Québec : Griffon d'argile.560p.
103. **Tardy ,Y. (1980) .** Géochimie des interactions entre les eaux, les minéraux et les roches, S.A.R.L. ELEMENTS édit., Tarbes, 199 p
104. **Thielborger, P. (2014).** The right(s) to water. Ed. Springer-Verlag. Berlin. 231p.
105. **Turcelin ,J. (1998).** Traite d'irrigation, Edition tec et doc., Lavoisier, Paris, , Pp :13-15. P:429
106. **UNESCO. (2006).** The 2nd UN World Water Development Report: « Water a sharedresponsibility ». Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO); New York: Berghahn Books. Chap. 4: The State of Resource.
107. **Vierling . (2003).** Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris, p88
108. **Vilagines ,R.(2003).** Eau, environnement et santé publique. Introduction l'hydrologie. 2eme Edition : Tec et Doc. Lavoisier. P: 3- 187.

# **ANEXXE**

# ANEXXE

---

## Annexe 01 : les matériels utilisés dans cette étude

Les verreries	Les appareils
Béchers	balance
Entonnoirs	étuve
Éprouvettes graduées,	micropipettes
erlenmeyer	pH mètre
fioles jaugée	thermomètre
flacons	plaque chauffante
pipettes graduées	conductimètre
pipettes pasteur	turbidimètre
burettes	spectrophotomètre UV Visible
pisettes	photométrie de la flamme
spatules	Appareil Dr LANGE (JENWAY) 11
	Bouteille de gaz propane
	Une cuvette remplir de l'eau distillée

## Annexe 02 : Détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Réactif Mixte :

- Sulfanilamide ..... 40 g.
- Acide phosphorique..... 100 ml.
- N-1- Naphtyle éthylène diamine.....2 g.
- $\text{H}_2\text{O}$  distiller..... q.s.p 1000 ml.

## Annexe 03 : Détermination des Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

- Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.)
- 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.
- Solution d'hydroxyde de sodium 30 % :
- 30 g de Na OH dans 100 ml d'eau distillée.
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.
- Hydroxyde de sodium Na OH..... 400 g.
- Tartrate de sodium et de potassium ..... 60 g.
- Eau distillée..... q.s.p 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc et conservé dans un flacon de polyéthylène.

- Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l :
- nitrate de potassium anhydre ..... 0.722 g.
- Eau distillée ..... 1000 ml.
- Chloroforme.....1 ml.
- Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l

## ANEXXE

---

### Annexe 04 : Détermination de calcium $\text{Ca}_2^+$

- Solution tampon  $\text{pH}=12$
- Calcon pincé
- La solution d'acide éthylène diamine tétra acétique EDTA pour le titrage

### Annexe 05 : Dosage du sodium ( $\text{Na}^+$ ) et du potassium ( $\text{K}^+$ ) :

- Solution fille de sodium ( $\text{Na}^+$ ) à 10 mg/l de la solution mère de Na Cl à 1000 mg/l dans 100 ml d'eau distillée (2,54 mg de Na Cl 1000cc d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée : solution mère de  $\text{Na}^+$  à 1 g/l).
- Solution fille de potassium ( $\text{K}^+$ ) à 10 mg/l : 1 ml de la solution mère de K cl à 1 g/l dans 100 ml d'eau distillée (1.91 g de K cl 1000 cc d' $\text{H}_2\text{O}$  distillée : solution mère de  $\text{K}^+$  à 1 g/l).
- Eau distillée.

### Annexe06 : Détermination des chlorures ( $\text{Cl}^-$ )

- Solution de nitrate d'argent à 0,01 N : 1,6987g d' $\text{AgNO}_3 \rightarrow 1000$  ml d'eau distillée
- Indicateur coloré  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10 % : 10 g de  $\text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow$  q.s.p 100 ml d'eau distillée
- Solution de chlorures à 71 mg/l : 0.107g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$ -.....1000ml d'eau distillée.

### Annexe 07 : Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

- Solution d'EDTA qui se compose de sel di sodique de l'acide éthylène diamine Tétra étique 3,725 g et d'eau dés ionisée a q.s.p1000ml.
- Solution du noir d'Ferrochrome T à 0.5% : qui se compose du noir d'Ferrochrome a 0.5 g et du tri-éthanol-amine a q.s.p. 100ml
- Solution tampon  $\text{pH}=10$ , qui se compose de :
  - Chlorure d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) .....67.5g
  - Ammoniaque concentrée (d-0.925) .....570ml
  - Sel di sodique de magnésium de l'EDTA ( $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2 \text{Na}_2\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).5g
  - Eau dés ionisée.....q.s.p 1000 ml

### Annexe 08 : Dosage de bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

- Solution d'acide Chlorhydrique à 1 N
- Solution d' $\text{HCl}$ - à 0,1 N :
  - d' $\text{HCl}$ -à 1 N ..... 100 ml.
  - $\text{H}_2\text{O}$  distillée ..... q.s.p 1000ml

# ANEXXE

---

## Annexe 09 : Détermination du Sulfate ( $\text{SO}_4^-$ )

- Solution mère de sulfates de sodium à 1 g/l à partir de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  :
- Peser 1,479 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  .....1000 ml d'eau distillée.
- Solution stabilisante :
  - Acide chlorhydrique (c) .....60 ml.
  - Ethanol.....200 ml.
  - Chlorure de Sodium.....150 g.
  - Glycérol.....100 ml.
  - Eau distillée.....q.s.p. 1000 ml

Solution de chlorure de baryum:

- Chlorure de baryum.....150 g.
- Acide chlorhydrique.....5 ml
- Eau distillée ..... q.s.p. 1000 ml.

## Annexe 10 : la fiche de composition étiquetée par l'usine de l'échantillonne 1

Composition	Mg/L
$\text{Ca}^+$	0.40
$\text{Mg}^+$	49
$\text{Na}^+$	3
$\text{K}^+$	5
$\text{SO}_4^-$	3.1
$\text{Cl}^-$	7
$\text{NO}_3^-$	5.94
$\text{NO}_2^-$	0.03
pH	7.42

## Annexe 11 : la fiche de composition étiquetée par l'usine de l'échantillonne2

Composition	Mg/L
$\text{Ca}^+$	24
$\text{Mg}^+$	07
$\text{Na}^+$	28
$\text{K}^+$	4.6
$\text{SO}_4^-$	36
$\text{Cl}^-$	20
$\text{NO}_3^-$	2.4
$\text{NO}_2^-$	0.01
pH	7.4

## ANEXXE

---

### Annexe 12 : la fiche de composition étiquetée par l'usine de l'échantillonne 3

Composition	Mg/L
Ca <sup>+</sup>	78
Mg <sup>+</sup>	37
Na <sup>+</sup>	29
K <sup>+</sup>	2
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	95
CL <sup>-</sup>	40
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.5
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.01
pH	7.35

---

### Annexe 13: la fiche de composition étiquetée par l'usine de l'échantillonne 4

Composition	Mg/L
Ca <sup>+</sup>	99
Mg <sup>+</sup>	29
Na <sup>+</sup>	33
K <sup>+</sup>	2.1
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	68
CL <sup>-</sup>	88
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	15
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02
pH	7.2

---

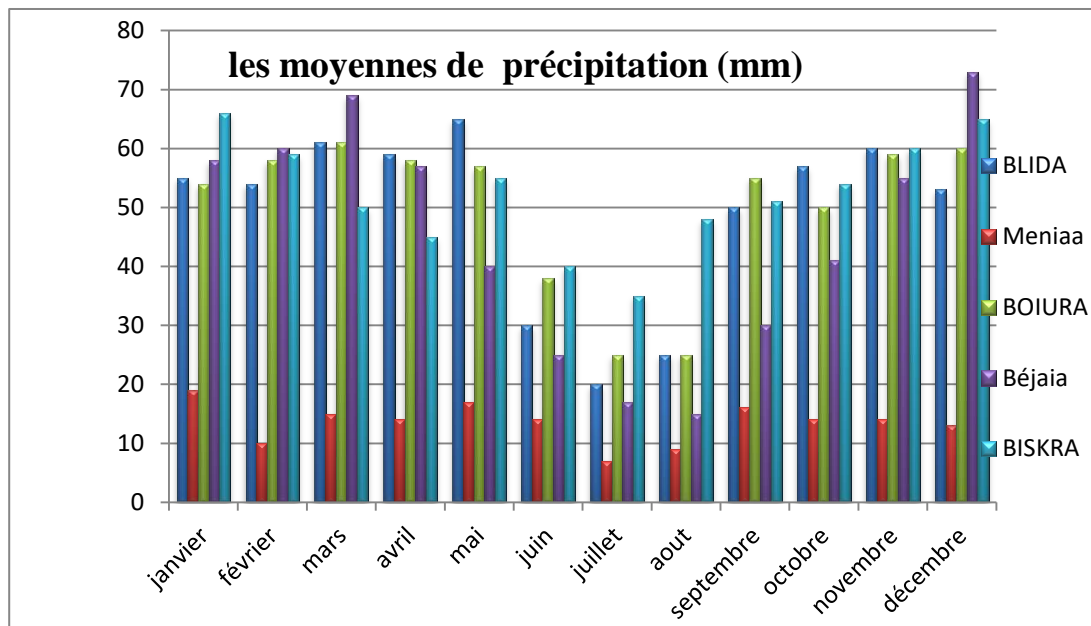
### Annexe 14 : la fiche de composition étiquetée par l'usine de l'échantillonne 5

Composition	Mg/L
Ca <sup>+</sup>	136
Mg <sup>+</sup>	75
Na <sup>+</sup>	145
K <sup>+</sup>	3
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	120
CL <sup>-</sup>	150
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.02
pH	6.57

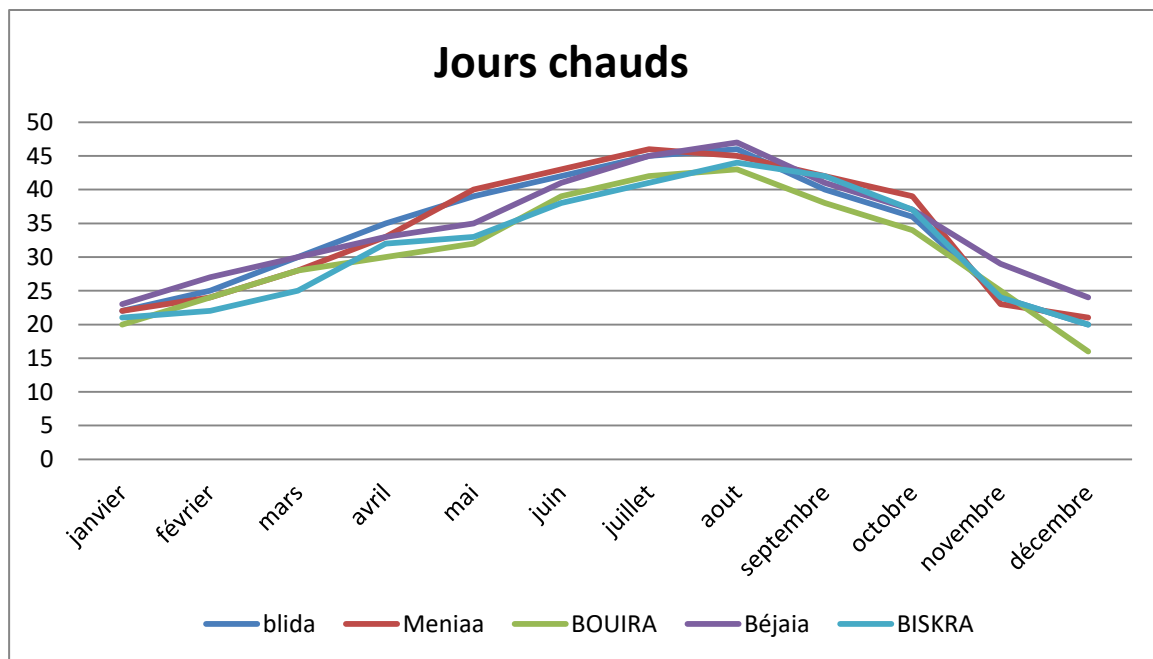
---

# ANEXXE

**Annexe 15 : les moyennes de précipitation (mm)**

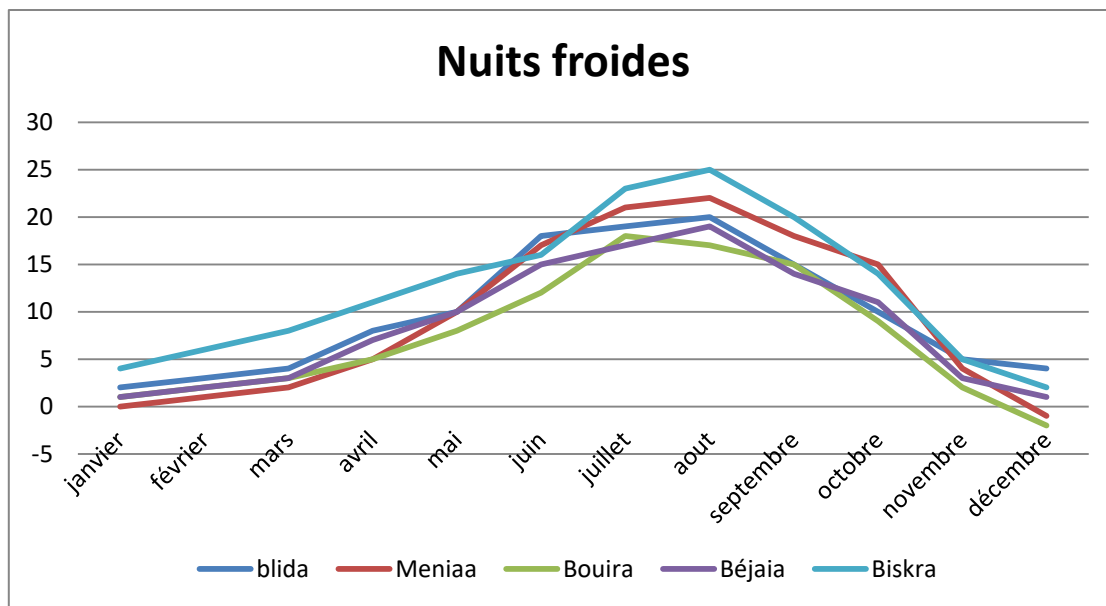


**Annexe 16 : Les températures en C° des jours chauds dans les wilayas étudiées**



## ANEXXE

### Annexe 17 : Les températures en C° des nuits froides dans les wilayas étudiées



### Annexe 18: Normes d'internationale sur l'eau minérale

Paramètres	Unités	Valeur indicatives
Température	°C	25
Ph	/	6.5-9.5
Conductivité à 25 °C	μS/Cm	2000
Salinité	%	2
TDS	mg/l	500/1500
Dureté totale (TH)	mg/ l	500
Turbidité	NTU	5
Chlorure Cl	Mg/L	250
Alcalinité HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg/L	600
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Mg/L	50
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Mg/L	0.2
Sulfates SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Mg/L	250
Phosphates PO <sub>4</sub>	Mg/L	0.5
Sodium Na <sup>+</sup>	Mg/L	200
Potassium K <sup>+</sup>	Mg/L	20
Calcium Ca <sup>+2</sup>	Mg/L	100
Magnésium Mg <sup>+2</sup>	Mg/L	50
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg/L	0.5

## ANEXXE

---

### Annexe 19 : les normes nationales sur l'eau minérale

<b>Paramètres</b>	<b>Unité</b>	<b>Selon JORA</b>
pH	-	6.5-8.5
Conductivité	µs/cm	2800
Dureté totale	mg/L	100-500
Calcium	mg/L	75-200
Magnésium	mg/L	150
Sodium	mg/L	200
Potassium	mg/L	20
Sulfates	mg/L	200-400
Chlorure	mg/L	200-500
Nitrates	mg/L	50
Nitrites	mg/L	0.1
Ammonium	mg/L	0.5
Phosphate	mg/L	5
Aluminium	mg/L	0.2
Température	°C	25