



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la  
Recherche Scientifique



## Université Chadli Bendjedid El-Tarf

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences Agronomiques – Filière Sciences alimentaires

Master académique en Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité

### Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Maser académique

Filière : Sciences alimentaires

Spécialité : Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité

### Thème

**Contribution à l'étude comparative des  
caractéristiques physicochimiques de quelques  
marques d'eaux embouteillées commercialisées dans  
la wilaya d'El-Tarf**

Présenté par : M<sup>elle</sup> Reggami Khouloud

Soutenu devant le jury :

**Présidente** : M<sup>me</sup> Benrachou Nora      MCA      Université Chadli Bendjedid-El-Tarf

**Examinatrice** : M<sup>me</sup> Samar Nedjma      MAA      Université Chadli Bendjedid-El-Tarf

**Promotrice** : M<sup>me</sup> Bencheikh Amel      MAA      Université Chadli Bendjedid-El-Tarf

Année universitaire : 2023-2024





## *Dédicace*

*Ce modeste travail est dédié,*

*A ma très chère mère*

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit.  
Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a  
toujours été ma source de force, pour affronter les différents obstacles de  
la vie*

*A mon très cher père*

*Tu as toujours été à mes côtés, pour m'encourager et me soutenir à frayer mon  
chemin dans cette vie  
Que ce travail traduise mon infinie gratitude et mon éternelle affection*

*A mon très cher frère **Aymen** et à ma belle sœur **Aroua***

*Que Dieu, le tout Puissant, comble votre couple d'harmonie et de félicité*

*A toute la famille*

*A tou(te)s mes ami(e)s et mes proches qui sont présents dans mes pensées.*

*A toute personne qui a contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail*

*Khouloud*



## Remerciements

*Louange à Allah, le tout Puissant, pour m'avoir donné la foi, la force et le courage, pour mener à bien ce travail et avoir éclairé mon chemin vers la réussite, en me dotant de beaucoup de détermination à surmonter toutes les difficultés rencontrées*

*Mes vifs remerciements s'adressent, en premier lieu, à M<sup>me</sup> **Bencheikh Amel**, ma promotrice, pour le sujet choisi, pour sa patience et pour les orientations judicieuses qu'elle m'a données. Ses critiques et ses précieux conseils m'ont été profitables, pour la réalisation de cette étude.*

*Qu'elle trouve, ici, le témoignage de ma gratitude et de mon profond respect*

*Mes remerciements sont, également, destinés aux membres du jury : M<sup>me</sup> **Samar Nedjma** et M<sup>me</sup> **Benrachou Nora**, pour l'intérêt qu'elles ont porté à mon étude et pour avoir accordé un peu de leur précieux temps à la lecture, à l'examen et à l'évaluation de ce présent mémoire.*

*Qu'elles trouvent, ici, le témoignage de ma reconnaissance et de ma considération*

*Mes sincères remerciements et ma gratitude sont présentés au personnel du Laboratoire De contrôle de qualité du complexe FERTIAL de la wilaya de Annaba, qui, sans leur aide et leur contribution, ce travail n'aurait pas vu le jour.*

*Un grand merci, en particulier, à M<sup>me</sup> **Lilia** et M<sup>r</sup> **Yazid**, mes tuteurs, pour leur gentillesse, leur disponibilité et leur professionnalisme.*

*Dans le laboratoire, ils m'ont fait goûter au plaisir des manipulations physicochimiques et ne se sont guère lassés de guider chacun de mes pas.*

*Mes respects et ma reconnaissance vont à toutes les enseignantes et tous les enseignants du département des sciences agronomiques de l'université d'El-Tarf, qui ont assuré ma formation scientifique, tout au long de mon cursus universitaire*

*Finalement, merci à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail*



## Résumé

L'eau est une substance essentielle à la vie sur terre, jouant un rôle fondamental dans de nombreux processus biologiques, environnementaux et industriels.

L'eau en bouteille, destinée à la consommation humaine, doit répondre à plusieurs critères de qualité, pour qu'elle ne présente aucun danger pour la santé humaine.

Ce modeste travail a pour but d'étudier la qualité physicochimique de six marques d'eau en bouteilles : 3 marques d'eaux minérales naturelles (Ifri, Guedila et Youkous) et 3 marques d'eaux de source (Ain Bouglez, Ouwis et El Kantara).

A cet effet, plusieurs paramètres physicochimiques ont été analysés : pH, T°, conductivité, chlorures, sulfates, nitrates, nitrites, bicarbonates, TA, TAC, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> et résidu sec.

Les résultats de l'analyse de la composition physicochimique, de chaque eau étudiée, sont, approximativement, identiques aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage propre à chaque eau.

Les résultats obtenus ont démontré une bonne qualité physicochimique, pour toutes les eaux étudiées et sont conformes aux critères de qualité régis par la réglementation algérienne en vigueur.

Ces résultats nous ont permis de conclure que les eaux « Ain Bouglez et Youkous » sont faiblement minéralisées, alors que les eaux « Ifri, Guedila, Ouwis et El Kantara » sont moyennement minéralisées.

**Mots clés** : eau en bouteille , eau minérale naturelle, eau de source, paramètres, qualité physicochimique, analyse, étiquetage.

## **Abstract**

Water is an essential substance for life on earth, playing a fundamental role in many biological, environmental and industrial processes.

Bottled water, destined for human consumption, must meet several quality criteria so that it does not present any danger to human health.

This modest work aims to study the physicochemical quality of six types of bottled water : 3 of natural mineral waters (Ifri, Guedila and Youkous) and 3 of spring waters (Ain Bouglez, Ouwis and El Kantara).

To this end, several physicochemical parameters were analyzed : pH, T°, conductivity, chlorides, sulfates, nitrates, nitrites, bicarbonates, TA, TAC, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and dry residue.

The results of the analysis of the physicochemical composition of each water studied are approximately identical to the values mentioned on the labeling specific to each water.

The results obtained demonstrated a good physicochemical quality for all the waters studied and are in accordance with the quality criteria in conformity with the Algerian rules.

These results allowed us to conclude that the waters "Ain Bouglez and Youkous" are weakly mineralized, while the waters "Ifri, Guedila, Ouwis and El Kantara" are moderately mineralized.

**Keywords:** Bottled water, natural mineral water, spring water, parameters, physicochemical quality, analysis, labeling.

## الملخص

الماء مادة أساسية للحياة على الأرض، ويلعب دورًا أساسيًا في العديد من العمليات البيولوجية والبيئية والصناعة يجب أن تستوفي المياه المعبأة المخصصة للاستهلاك البشري عدة معايير للجودة، بحيث لا تشكل أي خطر على صحة الإنسان.

يهدف هذا العمل المتواضع إلى دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية لستة أنواع من المياه المعبأة: 3 أنواع من المياه المعدنية الطبيعية (إيفري، قديلة ويوكوس) و3 أنواع من مياه الينابيع (عين بوغليز، أويس والقنطرة). لهذا الغرض، تم تحليل العديد من العوامل الفيزيائية والكيميائية: الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة، الموصلية،  $Mg^{2+}$ ،  $K^+$ ،  $Ca^{2+}$ ،  $Na^+$ ، TAC، TA، النتريت والبقايا الجافة. إن نتائج تحليل التركيبة الفيزيوكيميائية لكل المياه التي تمت دراستها تتطابق تقريبًا مع القيم المذكورة في الملصقات الخاصة بكل نوع ماء.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها جودة فيزيائية وكيميائية جيدة لجميع المياه وامتثالها لمعايير الجودة التي تحكمها اللوائح الجزئية المعمول بها. هذه النتائج سمحت لنا أن نستنتج أن مياه "عين بوغليز ويوكوس" هي مياه ضعيفة التمعدن، في حين أن مياه "إيفري، قديلة، أويس والقنطرة" هي مياه متوسطة التمعدن.

**الكلمات المفتاحية:** المياه المعبأة، المياه المعدنية الطبيعية، مياه الينابيع، الخصائص، الجودة الفيزيائية والكيميائية، التحليل، الملصق.

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Répartition de l'eau sur terre .....	3
<b>Figure 2</b> : Le cycle de l'eau .....	4
<b>Figure 3</b> : Exigences des 3 types d'eau potable .....	8
<b>Figure 4</b> : Le pH-mètre.....	22
<b>Figure 5</b> : Dosage des chlorures .....	23
<b>Figure 6</b> : Dosage du TAC .....	25
<b>Figure 7</b> : Dosage des ions carbonates .....	27
<b>Figure 8</b> : Le conductimètre .....	28
<b>Figure 9</b> : Dosage des nitrates .....	29
<b>Figure 10</b> : Dosage des nitrites .....	31
<b>Figure 11</b> : Dosage des sulfates.....	32
<b>Figure 12</b> : Le spectromètre d'émission de flamme .....	34
<b>Figure 13</b> : Le spectromètre d'absorption atomique .....	35
<b>Figure 14</b> : Eau Ifri - Comparaison des résultats avec l'étiquetage .....	38
<b>Figure 15</b> : Eau Guedila - Comparaison des résultats avec l'étiquetage .....	40
<b>Figure 16</b> : Eau Youkous - Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	41
<b>Figure 17</b> : Eau Ain Bouglez - Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	43
<b>Figure 18</b> : Eau Ouwis - Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	44
<b>Figure 19</b> : El Kantara - comparaison des résultats avec l'étiquetage .....	46
<b>Figure 20</b> : Résultats de l'analyse du pH .....	47
<b>Figure 21</b> : Résultats de l'analyse de la conductivité.....	48
<b>Figure 22</b> : Résultats de la teneur en chlorures .....	49
<b>Figure 23</b> : Résultats de la teneur en sulfates .....	50
<b>Figure 24</b> : Résultats de teneur en nitrates .....	51
<b>Figure 25</b> : Résultats de la teneur en nitrites .....	52
<b>Figure 26</b> : Résultats de l'analyse du TAC .....	53
<b>Figure 27</b> : Résultats de la teneur en bicarbonates .....	54
<b>Figure 28</b> : Résultats de la teneur en calcium .....	55
<b>Figure 29</b> : Résultats de la teneur en magnésium.....	56
<b>Figure 30</b> : Résultats de la teneur en sodium .....	57
<b>Figure 31</b> : Résultats de la teneur en potassium .....	58
<b>Figure 32</b> : Résultats de l'analyse du résidu sec .....	59

**Figure 33** : Résultats de l'analyse de la température ..... 60

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Classification des eaux d'après leurs pH.....	13
<b>Tableau 2</b> : Résultats des analyses physicochimique.....	36
<b>Tableau 3</b> : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ifri.....	37
<b>Tableau 4</b> : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Guédila .....	39
<b>Tableau 5</b> : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Youkous .....	41
<b>Tableau 6</b> : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ain Bouglez.....	42
<b>Tableau 7</b> : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ouwis .....	44
<b>Tableau 8</b> : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque El Kantara.....	46

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**°C** : Degré Celsius

**CEAEQ** : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

**EDTA** : Acide éthylène diamine tétra-acétique

**FAO** : Food and agriculture organization

**ISO** : International standards organization

**JORA** : Journal officiel de la république algérienne

**KCl** : Chlorure de potassium

**L** : Litre

**m<sup>3</sup>** : Mètre cube

**Mg** : Milligramme

**min** : Minute

**NaCl** : Chlorure de sodium

**nm** : Nanomètre

**OMS** : Organisation mondiale de santé

**PET** : Polyéthylène téréphtalate

**SARL** : Société à responsabilité limitée

**SPA** : Société par action

**T°** : Température

**V** : Volume

**WHO** : World health organization

Résumé .....	i
Abstract .....	ii
المخلص .....	iii
Liste des figures .....	iv
Liste des tableaux .....	vi
Liste des abréviations .....	vii

## **Table des matières**

Introduction .....	1
<b>Synthèse bibliographique : Généralités sur l'eau</b>	
1 L'eau .....	3
1.1 Importance de l'eau .....	5
1.1.1 L'eau dans l'organisme humain .....	5
1.1.2 L'eau dans l'agriculture .....	6
1.1.3 L'eau dans l'industrie alimentaire .....	6
2 Eau potable - Eau de consommation .....	7
2.1 Les types d'eau potable .....	8
2.1.1 L'eau du robinet .....	8
2.1.2 Les eaux minérales naturelles (EMN) .....	9
2.1.3 Les eaux de source .....	10
3 Qualité de l'eau de consommation .....	11
3.1 Qualité organoleptique .....	11
3.1.1 La couleur .....	11
3.1.2 L'odeur .....	12
3.1.3 Le goût .....	12
3.2 Qualité physico-chimique .....	12
3.2.1 Les paramètres physiques .....	12
3.2.1.1 La conductivité .....	12
3.2.1.2 Le potentiel hydrogène (pH) .....	13
3.2.1.3 La température .....	14
3.2.2 Les paramètres chimiques .....	14
3.2.2.1 Les chlorures .....	14
3.2.2.2 Les Sulfates .....	15
3.2.2.3 Les nitrates .....	15

3.2.2.4	Les nitrites .....	15
3.2.2.5	Alcalinité (TA et TAC).....	16
3.2.2.6	Les carbonates .....	16
3.2.2.7	Les bicarbonates .....	16
3.2.2.8	Calcium.....	16
3.2.2.9	Magnésium .....	17
3.2.2.10	Sodium .....	17
3.2.2.11	Potassium .....	18
3.2.2.12	Résidu sec .....	18
3.3	Qualité microbiologique .....	19

### **Partie pratique**

1	Analyses physicochimiques .....	21
1.1	Détermination du potentiel hydrogène (pH).....	21
1.2	Dosages des chlorures .....	22
1.3	Détermination du titre alcalimétrique (TA).....	24
1.4	Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC) .....	24
1.5	Détermination des ions bicarbonates ou hydrogencarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	26
1.6	Détermination de la conductivité.....	27
1.7	Détermination de la température .....	28
1.8	Détermination des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	28
1.9	Détermination des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	30
1.10	Détermination des ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ).....	31
1.11	Détermination des cations ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{K}^+$ , $\text{Na}^+$ ).....	32
1.12	Résidu sec .....	35
2	Résultats et discussion .....	36
2.1	Composition chimique.....	37
2.1.1	Comparaison des résultats avec les valeurs des étiquetages .....	37
2.1.1.1	Ifri .....	37
2.1.1.2	Guedila.....	39
2.1.1.3	Youkous.....	40
2.1.1.4	Ain Bouglez .....	42
2.1.1.5	Ouwis.....	43
2.1.1.6	El Kantara .....	45
2.2	Composition physicochimique .....	47

2.2.1	Potentiel hydrogène (pH) .....	47
2.2.2	Conductivité électrique .....	48
2.2.3	Chlorures .....	49
2.2.4	Sulfates .....	50
2.2.5	Nitrates .....	51
2.2.6	Nitrites .....	52
2.2.7	Alcalinité .....	53
2.2.7.1	Titre Alcalimétrique (TA) .....	53
2.2.7.2	Titre Alcalimétrique Complet (TAC) .....	53
2.2.8	Bicarbonates .....	54
2.2.9	Calcium .....	55
2.2.10	Magnésium .....	56
2.2.11	Sodium .....	56
2.2.12	Potassium .....	57
2.2.13	Résidu sec .....	58
2.2.14	Température .....	59
2.3	Classification des échantillons d'eaux en bouteilles .....	60
2.3.1	Classification selon la minéralisation .....	61
2.3.2	Classification selon la composition ionique .....	61
	Conclusion .....	63
	Références bibliographiques .....	64
	Annexes .....	68

# *Introduction*

## Introduction

L'eau est le fondement de la vie sur terre. Elle joue, aussi, un rôle fondamental dans de nombreux processus biologiques, environnementaux et industriels.

L'eau est un aliment indispensable à la survie de l'être humain et au maintien, en équilibre, de toutes les fonctions vitales de son organisme.

L'eau destinée à la consommation humaine provient de différentes sources :

- L'eau du robinet, dont la potabilité est conditionnée par des traitements chimiques de désinfection.
- L'eau minérale naturelle, provenant d'une source souterraine, qui est une eau pure, protégée contre toute source de pollution, microbiologiquement saine et caractérisée par sa composition stable et riche en minéraux et en oligo-éléments.
- L'eau de source qui est une eau souterraine protégée, naturellement pure, microbiologiquement saine, possédant une composition minérale, qui n'est pas, obligatoirement stable, contrairement à l'eau minérale naturelle.

Les eaux minérales naturelles et les eaux de source sont exploitées au point de leurs émergences et sont conditionnées, généralement, dans des bouteilles PET, avant d'être commercialisées.

La sécurité sanitaire de ces deux types d'eau, leur composition chimique riche, notamment, en minéraux (sodium, calcium et magnésium, notamment), leurs propriétés organoleptiques (goût) et leurs vertus thérapeutiques sont des critères de choix fondamentaux à leur demande, par les consommateurs.

Chaque année, la population mondiale boit plus de 203,4 milliards de litres d'eau minérale en bouteilles, soit 557 millions L/j.

En Algérie, sur une centaine d'exploitants d'eaux minérales existant, seules cinq marques (Ifri, Saida, Lalla Khedidja, Guedilla, et Nestlé) se partagent 70 % du marché algérien de l'eau embouteillée. (Zella L. et al., 2024)

Pour garantir l'innocuité et la salubrité des eaux minérales naturelles et des eaux de source en bouteilles, des critères de qualité sont établies par les gouvernements des pays, à travers le monde, qu'il s'agisse de la qualité organoleptique (couleur, goût et odeur), de la qualité microbiologique (bactéries, virus, ...) ou de la qualité physicochimique [pH, minéraux (sodium, calcium, ...), sels (chlorures, sulfates, ...), éléments indésirables (nitrates, nitrites, ...), éléments toxiques (métaux lourds, ...)].

Le suivi rigoureux et le respect de la conformité des critères de qualités aux seuils limites, établis pour chaque paramètre de qualité, garantissent une eau de consommation saine, sans danger pour la santé humaine.

C'est dans cet objectif, que notre étude a été menée. Le travail réalisé s'est basé sur le choix aléatoire de six (6) marques d'eaux en bouteille, dont une moitié est de l'eau minérale naturelle et l'autre moitié est de l'eaux de source.

Le travail est divisé en deux parties :

Une première partie, qui une synthèse bibliographique se rapportant, essentiellement, à des généralités sur l'eau (définition, ses origines, ses sources, les critères de sa qualité potabilité, notamment, les critères physicochimiques).

Une deuxième partie, qui est une partie pratique, divisée en deux axes :

- La confirmation de la stabilité de la composition chimique de chaque eau étudiée, par comparaison des résultats obtenus avec l'étiquetage, figurant sur la chaque bouteille.
- La recherche de la conformité des résultats obtenus, pour les quelques paramètres physicochimiques analysés, avec les spécifications des normes algériennes, mentionnées dans les journaux officiels de la république algérienne et destinées aux eaux minérales naturelles et aux de source.
- Sur la base des résultats obtenus, nous avons tenté de classer ces eaux, selon leur composition chimique.

*Synthèse bibliographique*

*Généralités sur l'eau*

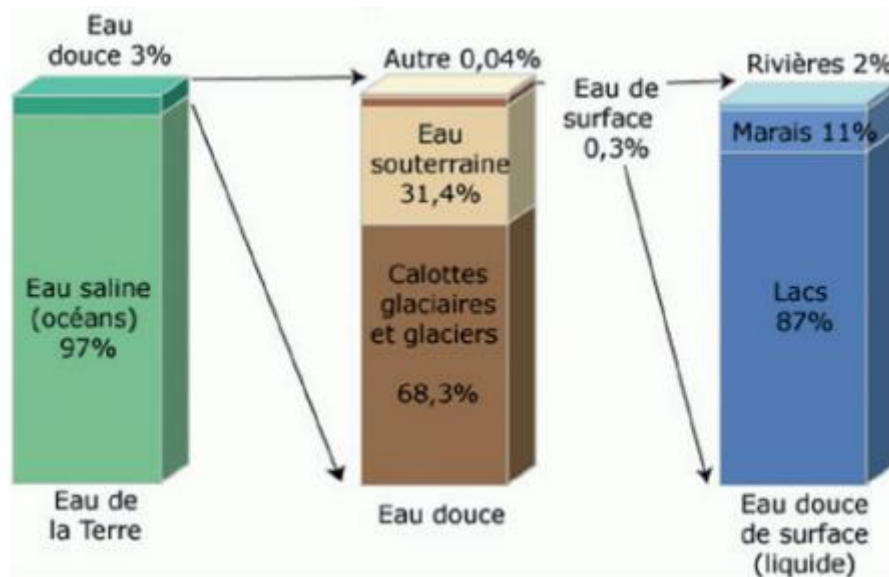
## 1 L'eau

L'eau est un corps pur, dont la molécule est composée de deux atomes d'hydrogène (H) reliés à un atome d'oxygène (O). Sa formule chimique est H<sub>2</sub>O.

Il s'agit d'un corps continu sans rigidité qui coule, s'échappe, file entre les doigts, remplit tout, et s'étale dans l'espace. (Jacques G., 1997).

L'eau est un bien commun non substituable, essentiel à la vie de l'Homme et de l'ensemble des espèces animales et végétales. A l'échelle mondiale, son volume bien qu'il soit constant, reste, cependant, inégalement réparti.

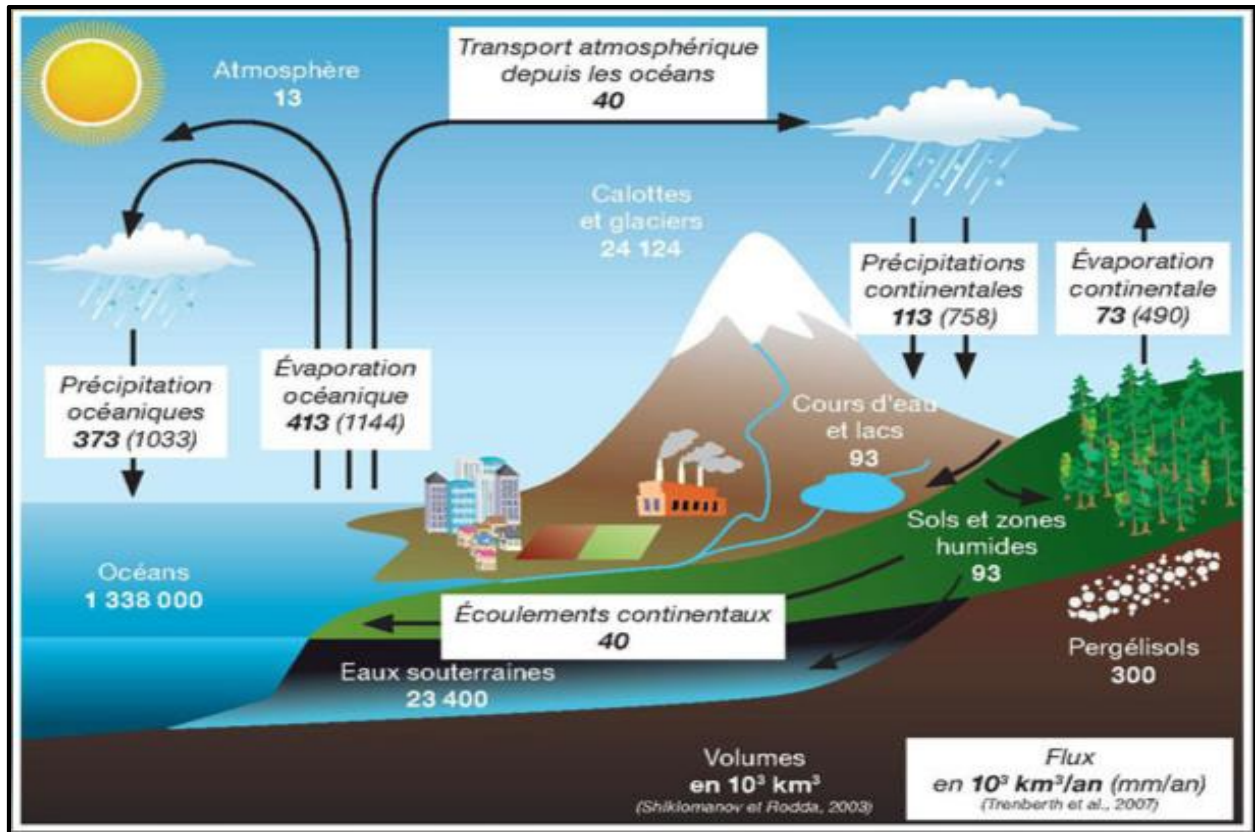
La terre est appelée « Planète bleue », car 71% de sa surface est recouverte par les mers et les océans. Cette eau salée représente 97,4 % de l'eau présente sur notre planète (soit 1365 millions de milliards de m<sup>3</sup>). Les 2,6 % représentent l'eau douce (soit 35,2 millions de milliards de m<sup>3</sup>), dont 2,0 % sont gelés de façon quasi-permanente dans les calottes polaires et les glaciers et seulement 0,6% de l'eau sur terre représente l'eau douce disponible pour les besoins de l'homme, pour le développement de l'agriculture qui nourrit les populations et aussi, pour le développement des industries et la production d'énergie. (Hermann et al., 2015) (Fig.1)



**Figure 1** : Répartition de l'eau sur terre  
(Roussel P., 2017)

Sur terre, l'eau suit un cycle naturel, indéfiniment interchangeable, depuis des milliards d'années. Ce cycle repose sur plusieurs étapes itératives se complétant : L'évaporation des eaux des mers et des océans, l'évapotranspiration de la terre (provenant, notamment, de la

végétation, mais aussi de l'homme, des animaux, des sols, des lacs, ...), le refroidissement de la vapeur d'eau dans les couches froides de l'atmosphère et sa transformation en gouttelettes formant, notamment les nuages et finalement, les précipitations sous forme de pluie, grêle et neige. (Macé M., 2024) (Fig.2)



**Figure 2** : Le cycle de l'eau  
(Ducharne et al., 2015)

Lors des précipitations, l'eau ruisselle en surface et rejoint les cours d'eau (lacs, rivières, ...), ou s'infiltrate dans le sol et le sous-sol, pour former les nappes phréatiques et les nappes souterraines.

C'est en fonction de son parcours que l'eau se charge plus ou moins en éléments dissous, en sels minéraux et en microorganismes (bactéries).

Sa concentration en sels minéraux augmente en fonction des roches qu'elle traverse, lors de sa descente en profondeur et du temps de séjour dans l'aquifère. Cependant sa concentration des sédiments diminue du fait de la filtration au sein des roches traversées.

## 1.1 Importance de l'eau

L'eau joue un rôle essentiel dans l'environnement naturel, elle est également essentielle pour toute forme de vie sur notre planète. L'eau couvre près de la moitié de la surface du globe terrestre et se manifeste sous de nombreuses formes : La pluie, la glace, la neige, etc....

indépendamment de l'eau présente dans le sol et la végétation.

L'eau est essentielle à la survie des êtres humains. Elle est intégrée dans le corps humain et dans la majorité des aliments. On l'emploie pour l'alimentation humaine et animale, l'industrie, l'agriculture et d'autres domaines. Cependant, elle contribue aussi, par sa consommation, à la propagation des maladies hydriques par les agents pathogènes qu'elle transporte. **(Festy et al., 2003)**

### 1.1.1 L'eau dans l'organisme humain

L'eau est le principal constituant du corps humain. Elle est répartie dans l'ensemble du corps, dans chaque organe, à l'intérieur des cellules et entre elles.

L'eau remplit de multiples fonctions : Transport des nutriments, des enzymes et des hormones, en tant que solvant - Elimination des déchets métaboliques - Hydratation des tissus et de la peau - Régulation de la température du corps – Intervention dans les réactions biochimiques et la régulation du métabolisme de la cellule – Facilitation de la digestion, ...

**(Société Suisse de Nutrition, 2022)**

Dans le corps, la répartition de l'eau n'est pas homogène, puisque les liquides dans l'organisme (à l'exclusion du sang) en contiennent plus de 95%, les tissus environ 80% et le squelette jusqu'à 22%.

L'organisme d'un adulte contient entre 55 et 70% d'eau., mais cette proportion varie avec l'âge. Cette eau n'est pas stockée dans le corps humain. Elle est éliminée, en permanence, par les excréments (urine...), la respiration et surtout par la transpiration.

En fonction des conditions atmosphériques et des activités, les quantités d'eau perdues sont différentes : plus la chaleur et/ou l'activité physique sont élevées, plus la transpiration est importante. Chaque jour, l'homme est tenu de répondre à ses besoins en eau en buvant et en mangeant, car les aliments en renferment une grande quantité.

Un adulte de taille moyenne a besoin d'environ 2,5 litres d'eau par jour, dont environ 1 litre est fourni par les aliments et 1,5 litre par les boissons. L'homme perd, quotidiennement, 25% d'eau, sous forme de sueur et d'autres formes de sécrétions. Cette perte d'eau déclenche la soif.

Si ces pertes en eau ne sont pas compensées, le cycle de l'eau dans l'organisme est perturbé, avec des retombées graves, voire mortelles : Une réduction de 2% de l'apport d'eau provoque

des signes de déshydratation (étourdissements, soif, palpitations, ...). Une perte de 10% de la teneur en eau du corps peut conduire à une insuffisance circulatoire, alors qu'une perte de plus de 15% de la teneur en cette eau peut mener à la mort. **(Ciobanu E., 2019)**

### **1.1.2 L'eau dans l'agriculture**

L'eau est une ressource fondamentale pour l'agriculture. La production végétale est grandement entravée par le manque de pluviométrie. Il est, donc, essentiel de procéder à l'irrigation par prélèvement dans les rivières ou les nappes. Ainsi, l'irrigation joue un rôle essentiel dans la gestion quantitative de l'eau en agriculture.

Ces 20 dernières années, les prélèvements d'eau ont connu une augmentation significative sur l'ensemble du continent avec l'accroissement des populations et l'agriculture irriguée.

L'agriculture utilise plus de 70% de l'eau douce, ce qui représente plus de 70% de la consommation des réserves d'eau de la planète. En Afrique, les prélèvements agricoles ont connu une augmentation moyenne de plus de 90 %. Selon les données de la FAO, les prélèvements sur les ressources en eau pour l'agriculture représentent même jusqu'à 93% de l'eau douce disponible dans les pays du Sahel. **(Frenken K., 2005)**

### **1.1.3 L'eau dans l'industrie alimentaire**

L'eau joue un rôle crucial dans l'industrie de toutes les catégories de produits alimentaires : le lait, la viande et les produits carnés, la fermentation, la boulangerie et les produits de boulangerie, le sucre, la conservation, etc.

Dans l'industrie agro-alimentaire, il est essentiel que l'eau soit potable, afin de répondre aux critères organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques. Selon les particularités du procédé technologique, des équipements, des caractéristiques de la matière première utilisée et des produits semi-finis ou finis, le débit d'eau requis pour la production varie.

La qualité des aliments doit être assurée par l'eau utilisée dans les processus technologiques de l'industrie alimentaire. Cette eau doit répondre aux critères de potabilité et doit présenter des caractéristiques organoleptiques appropriées (couleur, gout et odeur), influencés par sa composition chimique, sa température et la présence de composés volatils.

Dans le domaine de l'alimentation, l'eau est utilisée de différentes manières dans le processus technologique : en tant que matière première ou auxiliaire - pour le lavage - le tri, pour le refroidissement, ...

Dans le secteur du lait et des produits laitiers, par exemple, l'eau est employée pour :

- Nettoyer les contenants, le matériel et les produits,
- Adapter les sirops aux produits sucrés,

— Mettre en place des solutions de chlorure de sodium lors de l'emploi des fromages.

Il est nécessaire que l'eau de lavage soit bactériologiquement pure, sans présence de bactéries pathogènes, pour éliminer toute source de contamination. **(Jalba R., 2022)**

## 2 Eau potable - Eau de consommation

L'eau potable, ou eau de consommation humaine, est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles, sans risque pour la santé.

L'eau potable provient de différentes sources naturelles comme les eaux souterraines, les eaux de surface (lac, rivière, etc.) ou l'eau de mer (par dessalement). **(Beaulieu P., 2019) :**

- Les eaux souterraines pour la consommation sont issues de deux sources principales : les nappes profondes et les nappes phréatiques. Les nappes profondes offrant une protection efficace contre les contaminants microbiens.
- Les eaux de surface ou eaux superficielles sont celles qui sont présentes sur la surface de la terre et qui sont en contact avec l'atmosphère (lac, rivière, fleuve, mer, ...). Ces eaux naturellement riches en substances en suspension et en substances organiques naturelles, ainsi que des acides peu minéralisés, elles sont, toutefois, exposées aux contaminants, requérant plusieurs procédés de désinfection.

Le contenu de l'eau potable doit être dépourvu de substances en suspension, de micro-organismes et de substances toxiques. Les niveaux de minéraux recommandés diffèrent d'un pays à l'autre, mais la plupart des minéraux ont une concentration maximale, pour assurer une eau équilibrée et plaisante à boire.

L'eau potable doit répondre à des critères de qualité stricts, basés sur des normes internationales, notamment celles mises en place par l'Organisation mondiale de la santé, pour assurer une consommation sûre et saine.

Il convient aussi de souligner que la qualité de l'eau potable est influencée par divers éléments, tels que la provenance de l'eau, les conditions environnementales et les activités humaines, notamment, l'agriculture et l'industrie.

La surveillance et la protection des sources d'eau sont donc primordiales pour assurer une qualité de l'eau potable à long terme, pour les générations à venir.

Le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la fièvre typhoïde et la poliomyélite sont des maladies transmises par l'eau contaminée et le manque d'assainissement. Les personnes concernées sont exposées à des risques sanitaires évitables, en cas d'absence de services

d'alimentation en eau ou d'assainissement, d'insuffisance de ces services ou de leur mauvaise gestion.

Il en est de même dans les établissements de santé où les patients et le personnel sont exposés à un risque accru d'infection et de maladie en l'absence de services d'eau, d'assainissement et d'hygiène. (OMS, 2017)

## 2.1 Les types d'eau potable

Selon ses origines, l'eau potable se distingue en 03 types, possédant, chacun, des spécifications de qualité organoleptique, physicochimique et microbiologique qui lui sont propres et se conformant, chacun, aux critères de potabilités exigés (Fig. 3) :

	<i>Eau du robinet</i>	<i>Eau de source</i>	<i>Eau minérale naturelle</i>
<i>origine</i>	multiples : lacs, rivières, nappes phréatiques, etc..	souterraine	souterraine
<i>protection naturelle</i>	---	obligatoire	obligatoire
<i>traitements chimiques</i>	traitements de potabilisation (plus désinfection chimique pour transport)	aucun traitement de potabilisation	aucun traitement de potabilisation
<i>composition minérale</i>	variable	pas nécessairement stable	<b>obligatoirement stable</b>
<i>effet reconnu sur la santé</i>	---	---	<b>effet favorable à la santé reconnu par l'Académie de Médecine</b>

**Figure 3** : Exigences des 3 types d'eau potable (Chambre syndicales des eaux minérales, 2008)

### 2.1.1 L'eau du robinet

62 % de l'eau du robinet provient des eaux souterraines (nappes superficielles et profondes), les 38 % restants proviennent des eaux superficielles (torrents, rivières, lacs), qui doivent subir plusieurs traitements, avant de parvenir aux robinets des consommateurs, contrairement aux eaux minérales naturelles et aux de source.

L'exploitation de ces eaux suit les étapes successives suivantes : Captage, dégrillage, décantation (par floculation-coagulation), filtration sur sable, ozonation, filtration et chloration.

Elle doit répondre à des critères de potabilité, la rendant exempte de tous types de contamination, notamment chimiques (éléments indésirables (métaux), pesticides, ...) et microbiologiques (bactéries pathogènes, virus, ...).

Ses spécifications physicochimique (pH, T°, minéraux, ...), organoleptiques et microbiologiques doivent être respectées, en fonction des normes de qualité établies par chaque pays, à travers le monde. **(Beaulieu, 2019)**

### 2.1.2 Les eaux minérales naturelles (EMN)

Les eaux minérales naturelles sont d'origine, exclusivement, souterraine. La législation algérienne en donne la définition suivante :

*« L'eau minérale naturelle est une eau microbiologiquement saine, provenant d'une nappe ou d'un gisement souterrain, exploitée à partir d'une ou plusieurs émergences naturelle ou forées, à proximité desquelles, elle doit être conditionnée ».* **(JORA, 2004)**

L'eau minérale est caractérisée par :

- Sa pureté, sa teneur spécifique en sels minéraux, en oligo-éléments et en d'autres constituants. Ainsi, chaque type d'eau minérale possède une composition spécifique, qui lui confère une identité et un goût uniques.
- La constance dans sa composition (minérale) et la stabilité dans son débit et sa température
- L'absence de tout traitement de désinfection, sauf les traitements autorisés par la législation.
- Son conditionnement doit avoir lieu sur le site de son émergence et doit répondre à des conditions de protection et d'hygiène très strictes.
- La possibilité d'avoir des propriétés thérapeutiques favorables à la santé humaine.

Chaque eau minérale naturelle est unique, résultat d'un lent parcours géologique de plusieurs années, voire de plusieurs décennies. Sa minéralité unique et constante, élaborée au cours des années, lors de sa lente filtration au sein des roches traversées reflète le terroir dont elle est issue. Durant leur parcours, elles captent les minéraux précieux présents dans le sol (eau riche en magnésium, en calcium, en potassium).

L'eau minérale est consommée pour ses apports en sels minéraux et oligo-éléments, nécessaires au bon fonctionnement du corps humain. Or, une minéralisation excessive peut entraîner des troubles physiologiques (excès de sel, excès de magnésium ou de sulfates, pouvant affecter les reins et le système digestif). **(Cholat B., 2015)**

Selon sa teneur en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), l'eau minérale naturelle est classée en les groupes suivants, qui doivent être, obligatoirement, mentionnés sur l'étiquetage :

- ❖ **Eau minérale naturelle non gazeuse** : Eau qui, à l'état naturel, ne contient pas de CO<sub>2</sub> en quantité supérieure à celles nécessaires à la dissolution des sels hydrogéné-carbonatés (carbonates) présents dans l'eau.
  - ❖ **Eau minérale naturelle gazeuse** : Eau dont la teneur en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) est la même qu'à l'émergence (après le traitement de séparation et sédimentation, ou après réincorporation de CO<sub>2</sub> et conditionnement). Le gaz carbonique est naturel dégagé par l'effet de la température et de la pression.
  - ❖ **Eau minérale naturelle gazéifiée** : Eau rendue gazeuse, par addition de gaz carbonique d'autre provenance (autre que la source de cette eau).
  - ❖ **Eau minérale naturelle dégazéifiée** : Eau dont la teneur en gaz carbonique n'est pas la même qu'à l'émergence et qui ne dégage pas visiblement et spontanément de gaz carbonique dans des conditions normales de température et de pression (élimination du CO<sub>2</sub>).
  - ❖ **Eau minérale naturelle renforcée au gaz carbonique de la source** : Eau dont la teneur en gaz carbonique, est supérieure à sa teneur en gaz carbonique à l'émergence (ajout de quantité de CO<sub>2</sub>). Le gaz carbonique provient de la source de cette eau.
- (Codex Alimentarius, 1981)

### 2.1.3 Les eaux de source

Pour les eaux de source, la législation algérienne donne la définition suivante :

« L'eau de source est d'origine, exclusivement, souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution ». (JORA, 2004)

L'eau de source possède, elle aussi, des caractéristiques spécifiques :

- Sa pureté, sa teneur spécifique en sels minéraux, en oligo-éléments et en d'autres constituants, qui lui attribue une identité et un goût uniques.
- Sa richesse en minéraux tels que le calcium, le magnésium, sodium et le potassium, qui sont essentiels pour la santé. Or, cette **composition minérale de l'eau de source n'est pas obligatoirement stable**. C'est ce qui la différencie de l'eau minérale naturelle.
- L'absence de tout traitement de désinfection, sauf les traitements autorisés par la législation.

- Son conditionnement doit s'effectuer sur le site de son émergence et doit répondre à des conditions de protection et d'hygiène très strictes.
- Elles ne sont pas sujettes à prétendre aux effets bénéfiques sur la santé.

Selon sa teneur en gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), cette eau peut être une eau de source naturelle gazéifiée (par addition de gaz carbonique). (JORA,2004)

Pour les eaux minérales naturelles et les eaux de source seuls les traitements suivants sont autorisés :

- Traitement de séparation des éléments indésirables (comme : fer, arsenic, soufre, manganèse, ...) et sédimentation des matières en suspension, par décantation ou filtration (adsorption-filtration sur sables).
- Traitements d'adjonction de gaz carbonique (ajout de CO<sub>2</sub>, juste avant l'opération de l'embouteillage, de réincorporation de gaz carbonique ou de dégazéification (retrait de CO<sub>2</sub>), par des procédés exclusivement, physiques inertes (pas de traitement chimique). (JORA, 2004), (Hazzab, 2011)

### 3 Qualité de l'eau de consommation

Pour garantir l'innocuité et la salubrité de l'eau de consommation, la qualité de cette eau doit être conforme à des normes strictes, où les seuils des valeurs requises pour les paramètres organoleptiques, physicochimiques et microbiologiques doivent être, rigoureusement, appliquées et respectées, selon la législation de chaque pays.

Dans cette partie, nous avons abordé, notamment, les paramètres physicochimiques, en relation avec la partie pratique de notre étude.

#### 3.1 Qualité organoleptique

Trois paramètres sont, toujours, à analyser : la couleur, l'odeur et le goût :

##### 3.1.1 La couleur

La couleur de l'eau potable est due à l'absorption de certaines longueurs d'onde des radiations de lumière normale «blanche», par des substances dissoutes ou dispersées à l'état colloïdal.

La couleur d'un échantillon d'eau se mesure par comparaison visuelle avec une série de solutions étalons.

La couleur de l'eau est dite « couleur vraie », lorsqu'elle correspond à la mesure effectuée sur des échantillons d'eau débarrassés, par centrifugation, des particules en suspension. Elle est dite « couleur apparente », lorsqu'elle est mesurée dans de l'eau contenant des matières en suspension. (Canada.ca, 1995 (a))

La coloration de l'eau peut, également, être fortement influencée par la présence de fer et d'autres métaux, qu'il s'agisse d'impuretés naturelles ou de produits de corrosion. Elle peut également résulter de la contamination de la source d'eau par des effluents industriels et peut être le premier indice d'une situation dangereuse

Le niveau de couleur maximal admissible pour l'eau potable est de 15 UC (Unité de couleur), à partir duquel le consommateur peut observer la couleur de l'eau dans un verre d'eau. **(OMS, 2017)**

### **3.1.2 L'odeur**

Une eau pour l'alimentation doit être sans odeur. Effectivement, toute odeur témoigne de la pollution ou de la présence de substances organiques en dégradation. Les quantités de ces substances sont généralement si faibles qu'elles ne peuvent pas être identifiées par les méthodes d'analyse classiques. Dans une certaine mesure, le sens olfactif est le seul à pouvoir les reconnaître. **(Canada.ca, 1995 (b))**

### **3.1.3 Le goût**

Le sens du goût et de l'odorat sont, étroitement, complémentaires. Une eau potable de bonne qualité présente une saveur faible et agréable.

La présence excessive de chlorures dans une eau donnera un goût saumâtre. Si elle est riche en sels de magnésium, son goût sera amer. **(Canada.ca, 1995 (c))**

Dans la plupart des cas, les sens olfactifs sont responsables de l'ensemble de ces éléments.

## **3.2 Qualité physico-chimique**

Plusieurs paramètres sont à analyser : les paramètres physiques (T°, pH et conductivité), les paramètres chimiques (Chlorures, sulfates, minéraux, résidu sec, ...).

Nous nous limitons à définir, uniquement, les paramètres objets de notre étude.

### **3.2.1 Les paramètres physiques**

#### **3.2.1.1 La conductivité**

La conductivité désigne la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. La conductivité est influencée par la présence de matières solides dissoutes, relatives à la quantité de minéraux présente dans l'eau. **(CEAEQ, 2023)**. Elle est mesurée par un conductimètre.

Le phénomène de conductivité de l'eau est crucial, car il démontre la capacité de l'eau à transporter de l'électricité, qui est, principalement, liée à la dissociation des ions dans l'eau [cations (calcium, sodium, potassium et magnésium) et anions (chlorures, sulfates, nitrates, nitrites, ...)] **(Morin-Crini N. et al, 2017)**

Différents éléments peuvent avoir un impact sur la conductivité de l'eau, tels que la

température, la concentration d'ions, la présence de contaminants et le pH. On l'emploie dans de multiples domaines pratiques, comme la détection de la pollution de l'eau, le contrôle de la qualité de l'eau, les expériences scientifiques et la production.

### 3.2.1.2 Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'acidité ou de la basicité d'une solution, basée sur la concentration en ions H<sup>+</sup>. L'eau étant une solution ionisée (acide, basique ou neutre), liée à la nature des terrains traversés.

Bien que le pH n'ait pas habituellement un impact direct sur les consommateurs, c'est un des paramètres opérationnels les plus importants de la qualité de l'eau. (OMS 2017)

Le pH optimal requis variera suivant les approvisionnements, en fonction de la composition de l'eau et de la nature des matériaux de construction de l'acheminement de cette eau. Il sera habituellement compris entre 6,5 et 8,5. (WHO, 2007)

Le pH peut être évalué de manière électronique ou visuelle. Deux méthodes principales sont fréquemment employées :

- ✚ On peut réaliser des mesures approximatives, faciles et rapides du pH en utilisant du papier de tournesol ou un autre type de papier pH connu pour changer de couleur autour d'une valeur de pH spécifique. La précision de ces indicateurs est limitée. L'utilisation d'un pH mètre permet d'obtenir des mesures de pH plus précises. On l'utilise pour évaluer la disparité de potentiel entre une électrode à hydrogène et une électrode ordinaire.

La valeur du pH rend compte de l'équilibre acido-basique d'une eau : Milieu neutre (pH =7), milieu acide (pH < 7) et milieu basique (pH > 7). Selon la valeur de leurs ph, les eaux peuvent être lassées (Tab.1) :

**Tableau 1** : Classification des eaux d'après leurs pH  
(OIEau, n.d.)

pH <5	Acidité forte = présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée = majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH =8	Alcalinité forte ,évaporation intense

### 3.2.1.3 La température

La température de l'eau est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation humaine, bien qu'elle n'ait pas d'influence directe sur la santé. Elle joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau et par conséquent, dans l'appréciation de son goût.

La température peut influencer sur un certain nombre de paramètres physiques de l'eau potable, notamment la densité, la viscosité, la conductivité, les points d'ébullition et de fusion (de l'eau et des composés dissous), le goût et l'odeur.

La température peut, également, influencer certains paramètres chimiques, par son impact significatif sur la solubilité des sels et des gaz (capacité de l'oxygène à se dissoudre dans l'eau).

Elle joue, aussi, un rôle crucial dans l'activité microbienne, où ses fluctuations peuvent moduler la survie et la croissance microbiologiques (bactéries pathogènes, bactéries de contamination, virus, ...). (**Santé Canada, 2021**)

Dans le cadre des normes de potabilité de l'eau établies par l'OMS, l'eau est :

- ✚ Très bonne lorsque la température est comprise entre 20 et 22°C.
- ✚ Passable si la température varie entre 22 et 25°C.
- ✚ Médiocre si elle se situe entre 25 et 30°C. (**Safe Drinking Water Foundation, 2017**)

### 3.2.2 Les paramètres chimiques

Les paramètres chimiques qui sont à analyser, pour une eau sans danger sur la santé humaine, concernent : les anions (chlorures, sulfates, carbonates et bicarbonates, nitrates, nitrites) et les cations, que sont les minéraux contenus dans l'eau (calcium, sodium, potassium et magnésium), ainsi que le résidu sec.

#### 3.2.2.1 Les chlorures

Le chlorure est un Anion, une base conjuguée de l'acide chlorhydrique, un acide de forte concentration. La nature renferme une grande quantité de chlorures, principalement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl).

Dans l'eau de boisson, les chlorures proviennent de sources naturelles, d'eaux usées et d'effluents industriels et de rejets urbains

Les chlorures sont des substances naturelles présentes à des concentrations plus ou moins élevées, en fonction de l'origine de l'eau. Les eaux destinées à la consommation humaine ne peuvent contenir que 200 mg/l de chlorures.

Des concentrations élevées de chlorures confèrent à l'eau et aux boissons un goût salé. Les seuils de détection de l'ion chlorure, par le goût, dépendent du cation associé et se situent dans la gamme de 200 à 300 mg/l pour le chlorure de sodium, de potassium et de calcium. L'urine élimine naturellement le chlore, cependant une surdose accidentelle peut entraîner des vomissements et présenter des risques pour les patients souffrant de maladies cardiovasculaires ou rénales. **(OMS, 2017)**

### **3.2.2.2 Les Sulfates**

Les sulfates sont des sels d'acide sulfurique combinés à des ions métalliques. Les sulfates représentent la source majeure de soufre, un composant essentiel de nombreuses protéines de la peau, des ongles, des cheveux et des hormones comme l'insuline.

La présence des sulfates, dans l'eau, provient, soit d'une origine naturelle (dissolution de gypse), où leurs niveaux les plus élevés sont observés dans les eaux souterraines, ou provient des déchets industriels et des dépôts atmosphériques.

La présence de sulfates dans l'eau de boisson peut lui donner un goût perceptible. Selon la nature du cation associé, les seuils de détection des sulfates, par le goût, vont de 250 mg/l pour le sulfate de sodium à 1000 mg/l pour le sulfate de calcium.

A des niveaux très élevés, les sulfates peuvent provoquer des troubles gastro-intestinaux et avoir un effet laxatif. Les valeurs autorisées sont d'environ 400 mg/l. **(OMS, 2017)**

### **3.2.2.3 Les nitrates**

Le nitrate est un indicateur de pollution à des concentrations élevées. Il est défini comme le radical univalent ( $\text{NO}_3^-$ ) ou un composé qui le renferme, tel qu'un sel ou un ester de l'acide nitreux. La présence de nitrates peut entraîner l'oxydation biologique de toutes les formes d'azote, c'est pour cela qu'ils sont considérés comme éléments indésirables.

Quand les nitrates pénètrent dans le sang, ils interagissent avec l'hémoglobine et forment un composé nommé méthémoglobine. Ce composé diminue la capacité du sang à transporter de l'oxygène dans le sang. Les bébés présentent une baisse du taux d'oxygène et des symptômes de la méthémoglobinémie, ou maladie du « bébé bleu ».

La quantité de nitrates dans l'eau devrait être au maximum de 45 mg/l. **(Canada.ca, 2013)**

### **3.2.2.4 Les nitrites**

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement.

Les composés de formule chimique ( $\text{NO}_2^-$ ) sont une phase intermédiaire entre les ions ammonium et les ions nitrates, ce qui signifie qu'ils sont soit oxydés, soit réduits.

À des concentrations importantes supérieures à 1 mg/l, les nitrites peuvent avoir une action méthémoglobinisante.

Les normes recommandent une teneur maximale de 0,1 mg/L. (Archer et al., 2002)

### 3.2.2.5 Alcalinité (TA et TAC)

#### ➤ Le titre alcalimétrique (TA)

Le titre alcalimétrique est un paramètre évaluant l'alcalinité de l'eau. Il correspond à la présence de bases (alcalis) et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte, le plus généralement, de la présence de carbonates et d'hydroxydes.

#### ➤ Le titre alcalimétrique complet (TAC)

Le TAC indique la quantité de sels minéraux présents dans l'eau, afin de connaître l'alcalinité de l'eau, et mesure les espèces basiques totales dans l'eau (ions hydroxydes  $\text{OH}^-$ , ions carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$  et ions hydrogénocarbonates (ou bicarbonate  $\text{HCO}_3^-$ ). (Rodier J. et al., 2009)

### 3.2.2.6 Les carbonates

Les ions de carbone sont produits par la fusion du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Il en résulte la formation de l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), qui peut se dissocier en ions bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) et ions carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). (Grandjean M., 2013)

Les ions carbonate présents dans l'eau peuvent influencer son alcalinité et son pH. L'alcalinité représente une évaluation de la résistance d'un échantillon d'eau aux variations de pH, et les ions carbonate jouent un rôle important dans cette capacité tampon. Les ions bicarbonate et carbonate jouent le rôle de tampons naturels, ce qui permet de maintenir le pH de l'eau stable.

### 3.2.2.7 Les bicarbonates

Le bicarbonate, ou hydrogénocarbonate, est un ion polyatomique de formule chimique ( $\text{HCO}_3^-$ ).

L'eau minérale est considérée comme bicarbonatée si elle contient plus de 600 mg/L de bicarbonate. Cette eau est bénéfique pour les reins, car elle réduit l'acidité des urines et favorise l'élimination du citrate. Les bicarbonates réduisent les problèmes rénaux et l'hypertension artérielle.

### 3.2.2.8 Calcium

Le calcium, symbolisé Ca, est un élément très répandu dans la nature. On le trouve dans presque toutes les eaux naturelles.

Le calcium est un constituant de l'os (99%) et joue un rôle dans la contraction musculaire. Les besoins en calcium sont donc particulièrement importants pendant la croissance, chez l'enfant

et l'adolescent, chez les femmes enceintes et qui allaitent, ainsi que chez les personnes âgées dont les os sont fragilisés. D'ailleurs, une eau enrichie en calcium contribue à prévenir l'ostéoporose. **(WHO, 2009)**

Une carence en calcium peut entraîner une peau sèche, les ongles cassants et les cheveux ternes. En revanche, un excès de calcium entraîne des problèmes de constipation, des douleurs abdominales et une perte d'appétit.

La concentration maximale légalement autorisée de calcium dans l'eau est de 270 mg/l.

### **3.2.2.9 Magnésium**

Le magnésium, symbolisé Mg, existe en abondance dans la nature. C'est un métal d'aspect argenté ou blanc. Sa teinte se modifie doucement à l'air, par la formation d'un oxycarbonate.

Quand il est placé en solution, des ions  $Mg^{2+}$  se forment. Il a la particularité de former certains sels très solubles dans l'eau, tandis que le carbonate de magnésium précipite facilement et que l'hydroxyde de sodium n'est pas soluble. Il contribue à la dureté de l'eau.

Le magnésium a de nombreux bienfaits pour la santé humaine, il est impliqué dans la transmission de l'influx nerveux, dans la régulation du tonus musculaire et du rythme cardiaque, notamment. Il aide le calcium à se fixer dans les os et participe à la défense du corps.

Boire une eau riche en magnésium, en quantité importante, compense les carences, par un apport susceptible, notamment, de lutter contre la fatigue, de relaxer les muscles, de diminuer l'anxiété et de traiter la constipation. **(Beaulieu J., 2017)**

La concentration de l'eau en magnésium est limitée à 50 mg/l au maximum.

### **3.2.2.10 Sodium**

Le sodium est généralement considéré comme un élément cireux qui fait partie du groupe des métaux alcalins. Il est largement produit dans la nature sous forme de composés, il est important de souligner qu'il s'agit d'un élément chimiquement interactif.

Le sodium, symbolisé par Na, est l'un des minéraux essentiels dont le corps a besoin en quantités spécifiques, pour accomplir différentes tâches vitales, dont les plus essentielles sont : favoriser le fonctionnement des nerfs et des muscles, maintenir l'équilibre des fluides dans le corps et réguler le volume sanguin et la pression au sein du corps.

Il est rare de constater des carences, mais elles peuvent survenir en cas de gastro-entérite, par exemple, en raison de la déshydratation, causée par des vomissements excessifs, des diarrhées ou de la sudation.

Un déficit en sodium entraîne des nausées, des douleurs musculaires et une déshydratation. À long terme, une faible concentration de sodium dans le sang entraîne une hypotension. Par contre, un apport excessif en sodium est déconseillé chez les personnes souffrant d'hypertension.

À température ambiante, le seuil moyen de détection pour le sodium est d'environ 200 mg/l. (OMS, 2017)

#### 3.2.2.11 Potassium

Le potassium, symbolisé K, est un minéral qui porte une charge électrique, lorsqu'il est dissous dans les fluides corporels tels que le sang. Il est indispensable pour assurer le bon fonctionnement des cellules, des muscles et des nerfs.

Le potassium est présent de manière naturelle dans de nombreux aliments et en tant que supplément alimentaire. Sa fonction principale consiste à maintenir des niveaux de liquides normaux à l'intérieur des cellules du corps, tandis que son homologue, le sodium, maintient des niveaux de liquides normaux à l'extérieur des cellules. Le potassium favorise aussi la contraction des muscles et maintient une tension artérielle normale.

La carence en potassium peut entraîner une sensation de faiblesse musculaire ou entraîner des spasmes, des tremblements, voire une paralysie, et un ralentissement du rythme cardiaque peut se produire. (OMS, 2017)

#### 3.2.2.12 Résidu sec

Le résidu sec correspond au pourcentage d'éléments minéraux obtenus, après l'évaporation d'un litre d'eau à 180 °C. Il s'agit du facteur de la minéralisation des eaux.

En fonction des quantités collectées de minéraux, les eaux sont classées de la manière suivante :

- ✚ Le résidu sec < 50 mg/l : eau très faiblement minéralisée.
- ✚ Résidu sec compris entre 50 et 500 mg/l : eau faiblement minéralisée
- ✚ Résidu sec compris entre 500 et 1000 mg/l : eau minéralisée
- ✚ Résidu sec compris entre 1000 et 1500 mg/l : eau moyennement minéralisée
- ✚ Résidu sec > 1500 mg/l : eau fortement minéralisée. (Afsaa, 2008)

Pour assurer la qualité sanitaire de l'eau de consommation humaine (y compris les eaux minérales et les eaux de source), d'autres paramètres doivent être analysés :

Les éléments indésirables (argent, fluor, fer, zinc, ...)

Les substances toxiques (arsenic, plomb, mercure et d'autres métaux lourds, ...)

### **3.3 Qualité microbiologique**

Dans tous les pays, la réglementation fixe des seuils à respecter, pour garantir la salubrité de l'eau de consommation : l'absence totale de bactéries pathogènes (E.coli, ...) et selon les limites de l'acceptabilité, la présence de certaines bactéries de contaminations (coliformes totaux, ...).

*Partie pratique*

*Matériels et méthodes*

## Partie pratique

La partie pratique de l'étude entreprise a été effectuée au mois de Février 2024 et réalisée au niveau du Laboratoire de contrôle de qualité du complexe FERTIAL, situé dans la commune d'El Bouni de la wilaya de Annaba.

Elle a eu pour objectif, l'évaluation de la qualité physicochimique de quelques marques d'eaux en bouteilles, au conditionnement PET, sélectionnées, aléatoirement, au niveau de certains commerces de la wilaya d'El-Tarf.

Ces eaux en bouteilles sont gardées à température ambiante et les analyses physicochimiques sont effectuées, immédiatement, après l'ouverture de ces bouteilles.

Les marques étudiées regroupent :

### ❖ Eaux minérales naturelles

Trois (03) marques d'eaux minérales naturelles ont été l'objet de cette étude :

#### ➤ **Ifri :**

L'eau minérale naturelle **Ifri** émane des montagnes de Kabylie, surplombant la vallée de la Soummam, qui lui procurent toute la pureté, la légèreté et la richesse en minéraux indispensables à la vie.

La marque Ifri est produite par la SARL Ibrahim et fils, sise à Ouzellaguen-Wilaya de Bejaïa. (**Ifri, n.d.**)



#### ➤ **Guedila :**

L'eau minérale naturelle **Guedila** jaillit au pied de la montagne de Guedila, atteignant les 500m d'altitude, sur le versant sud de la chaîne montagneuse des Aurès. Elle est réputée par sa pureté, sa légèreté et par son équilibre minéralogique.

La marque Guedila est produite par la SPA SGEM Guedila, sise à la Commune de Djemorah-Wilaya de Biskra. (**Guedila, 2017**)



➤ **Youkous :**

L'eau minérale naturelle **Youkous**, jaillit d'une zone montagneuse, culminant à 1300 mètres d'altitude, qui est située à quatre kilomètres du chef-lieu de la commune de Hammamet-Wilaya de Tébessa.

La marque Youkous est produite par la SARL Baâlouj et fils. (**Baâlouj O., 2016**)



❖ **Eaux de source :**

Trois (03) marques d'eaux de source ont été l'objet de cette étude :

➤ **Ain Bouglez :**

L'eau de source Ain Bouglez provient d'une source naturelle d'eau potable, non gazeuse, surgissant à Oum-Laagareb-Bouteldja.

La marque Ain Bouglez est produite par la SARL Salsabil Ain Bouglez, sise à la commune de Boutheldja-Wilaya d'El-Tarf.



➤ **Ouwis :**

La marque Ouwis est produite par l'EURL Manbaa Ouwis, sise à la commune (El Achir (ou El Yachir)-Wilaya de Bourj Bouarreridj.

➤ **El Kantara :**

L'eau de source El Kantara provient d'une source se trouvant au pied de la montagne « Djebel Metlili » (**El Kantara, 2018**), qui est située entre la commune d'El Kantara de la wilaya de Biskra et la commune de Seggana de la wilaya de Batna.

La marque El Kantara est produite par la SARL INDTRAV Water, sise à la commune d'El Kantara-Wilaya de Biskra.



## **1 Analyses physicochimiques**

Les paramètres physicochimiques qu'il nous a été permis d'analyser, au niveau du Laboratoire de contrôle de qualité, sont décrits, ci-dessous :

### **1.1 Détermination du potentiel hydrogène (pH)**

Le pH permet de mesurer l'acidité ou l'alcalinité de l'eau. La détermination du pH se fait par la norme ISO 10390 : 2005.

### ❖ Matériels

- pH-mètre (867 pH Module de Metrohm)
- Agitateur rotatif (réglé à 40 tours/minute)
- Bécher de 50 ml

### ❖ Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée, puis plusieurs fois avec l'échantillon
- Placer un barreau magnétique dans le bécher
- Placer le bécher sur l'agitateur magnétique
- Mettre 25 ml de l'échantillon d'eau, dans le bécher.
- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser
- La lecture est effectuée, après la fixation de la valeur du pH

### ❖ Expression des résultats

Le résultat est donné, directement, sur l'écran du pH-mètre. (Fig.4)



**Figure 4** : Le pH-mètre  
(Reggami, 2024)

## 1.2 Dosages des chlorures

### ❖ Principe

La détermination des chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) se fait selon la méthode de Mohr, dans un milieu neutre, où le pH doit être compris entre ( $6,5 < \text{pH} < 7,5$ )

### ❖ Matériels

- Erlenmeyer de 250 ml

- Eprouvette de 100 ml
- Burette de 50 ml

❖ **Réactifs**

- Nitrate d'argent AgNO<sub>3</sub>
- Diphénylcarbozone
- Acide nitrate HNO<sub>3</sub>

❖ **Mode opératoire**

- Prendre 10 ml d'échantillon dans 90 ml d'eau distillé
- Ajouter 2 à 3 gouttes diphénylcarbozone
- Neutraliser par HNO<sub>3</sub>
- Titrer avec AgNO<sub>3</sub>, jusqu'à l'apparition d'une coloration bleu mauve. (Fig.5)

❖ **Expression des résultats**

La détermination du chlorure en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$[Cl^-] = V(AgNO_3) \cdot 71 \cdot F$$

Où :

[Cl<sup>-</sup>] : est la concentration de chlorure en mg/l.

V(AgNO<sub>3</sub>) : est le volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

F : facteur de correction du titre d'AgNO<sub>3</sub> = 0.71



**Figure 5** : Dosage des chlorures  
(Virage de la couleur de l'eau au bleu mauve) (Reggami, 2024)

### 1.3 Détermination du titre alcalimétrique (TA)

#### ❖ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide dilué, en présence d'un indicateur coloré.

Le titre alcalimétrique (TA) d'une eau permet de connaître sa concentration en ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ )

#### ❖ Matériels

- Erlenmeyer de 100 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Burette de 50 ml

#### ❖ Réactifs

- Indicateur de phénolphthaléine
- Acide nitrate  $\text{HNO}_3$  (N/50)

#### ❖ Mode opératoire

- À l'aide d'une éprouvette, ajouter 25 ml d'eau dans un erlenmeyer
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur de phénolphthaléine
- Une coloration rose doit apparaître.

#### ❖ Expression des résultats

Si la solution n'a pas développé de coloration rose, le TA est nul, c'est ce qui se produit, en général, dans les eaux naturelles, dont le pH est inférieur à 8,3.

Si la solution devient rosée, on doit la traiter par  $\text{HNO}_3$  jusqu'à la décoloration. La solution doit être complètement transparente.

La concentration des ions carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) est nulle (= 0), dans tous les échantillons d'eaux.

### 1.4 Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

#### ❖ Principe

Cette détermination est basée sur la neutralisation du volume d'eau utilisé dans la détermination du titre alcalimétrique (TA), par un acide minéral dilué, en présence du méthylorange comme indicateur coloré.

#### ❖ Matériels

- Erlenmeyer de 100 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Burette de 50 ml

❖ **Réactifs**

- Indicateur de phénolphtaléine
- Acide nitrique HNO<sub>3</sub> (N/50)
- Méthylorange

❖ **Mode opératoire**

- Utiliser le prélèvement initial (celui du TA), s'il n'y a pas eu de coloration de l'échantillon traité précédemment.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de méthylorange
- Traiter avec HNO<sub>3</sub> (0,04 N), jusqu' au virage au jaune ou jaune orangé. (**Fig.6**)

❖ **Expression des résultats**

La détermination du TAC, est réalisée par la formule suivante :

$$\text{TAC} = V_2 \cdot N \cdot \text{MM} \cdot 10 / V$$

Où :

V<sub>2</sub> : est le volume utilisé pour la titration

N : 0,04 N de HNO<sub>3</sub>

MM : mase molaire de HNO<sub>3</sub>

V : est le volume totale dans l'erenmeyer



**Figure 6** : *Dosage du TAC*  
(Virage de la couleur de l'échantillon au jaune) (**Reggami, 2024**)

## 1.5 Détermination des ions bicarbonates ou hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ )

### ❖ Principe

Si le pH d'une eau est inférieur à 8,2, le titre alcalimétrique (TA) est nul et le titre alcalimétrique complet (TAC) mesure la concentration en ions bicarbonate  $\text{HCO}_3^-$ .

### ❖ Matériels

- Eprouvette de 100 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Burette de 50 ml

### ❖ Réactifs

- Acide nitrique  $\text{HNO}_3$  (N/50)
- Méthylorange

### ❖ Mode opératoire

- Mettre 100 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250ml
- Ajouter quelques gouttes de méthylorange
- Titrer avec l'acide nitrique (0,04 N), jusqu'à obtention d'une couleur jaune ou jaune orangée. (Fig.7)

### ❖ Expression des résultats

La concentration des ions carbonate est exprimée en (mg). Elle est calculée, grâce à la formule suivante :

$$C_{(\text{HCO}_3)} = \text{HNO}_3 \cdot V_e \cdot \text{MM HCO}_3$$

Où :

$\text{HNO}_3$ : 0,04 N de  $\text{HNO}_3$

$V_e$  : le volume utilisé pour la titration

MM : masse molaire de  $\text{HCO}_3$



**Figure 7** : Dosage des ions carbonates  
(Virage de la couleur de l'échantillon au jaune orangé) (Reggami, 2024)

## 1.6 Détermination de la conductivité

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. C'est une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions positifs (cations) ou négatifs (anions). La détermination de la conductivité de l'eau se fait par la norme ISO 11265 :1995

### ❖ Matériels

- Un conductimètre
- Bécher de 50 ml dans
- Agitateur rotatif (réglé à 40 tours /min)

### ❖ Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée, puis plusieurs fois avec l'échantillon
- Placer un barreau magnétique dans le bécher
- Placer le bécher sur l'agitateur magnétique
- Mettre 25 ml de l'échantillon d'eau dans le bécher
- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser
- La lecture est effectuée, après la fixation de la valeur de la conductivité (**Fig.8**)

### ❖ Expression des résultats

Le résultat est donné directement sur l'écran du conductimètre et est exprimé en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ce résultat est divisé sur 1000, pour obtenir la valeur de la conductivité exprimée en  $\text{mS}/\text{cm}$ .



**Figure 8** : Le conductimètre  
(Reggami, 2024)

### 1.7 Détermination de la température

La température est mesurée par le conductimètre ou par le pH-mètre, qui possèdent chacun un thermomètre intégré, dans leurs mécanismes de fonctionnement.

#### ❖ Matériel

- Conductimètre ou pH-mètre
- Agitateur rotatif (réglé à 40 tours /min)
- Bécher de 50 ml

#### ❖ Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée, puis plusieurs fois avec l'échantillon
- Placer un barreau magnétique dans le bécher
- Placer le bécher sur l'agitateur magnétique
- Mettre 25 ml de l'échantillon d'eau dans le bécher
- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser
- La lecture est effectuée après la fixation de la valeur indiquée.

#### ❖ Expression des résultats

Le résultat s'affiche, directement, sur l'écran du conductimètre ou du pH-mètre. Il est exprimé en °C.

### 1.8 Détermination des nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

#### ❖ Matériels

- Spectrophotomètre

- Cuve carrée de 5 ml
- Bécher de 100 ml
- Pipete de 10 ml

#### ❖ Réactifs

- NitraVer 5 réactif pour les nitrates (inhibiteur)

#### ❖ Mode opératoire

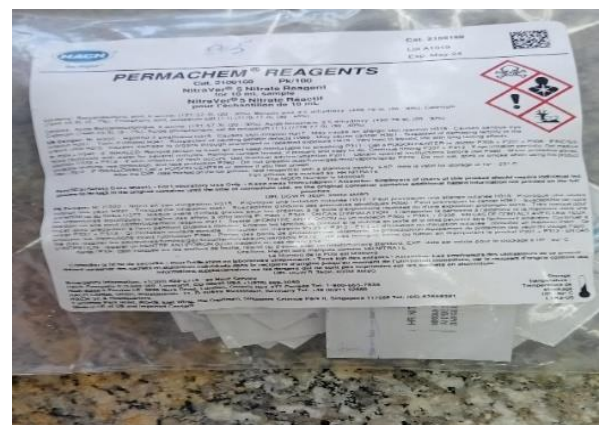
- Après avoir allumé le spectrophotomètre, sélectionner le programme sur  $\text{NO}_3^-$ . La longueur d'onde spécifique est de 527 nm
- Prélever 10 ml de l'échantillon d'eau, puis les verser dans le bécher
- Ajouté le réactif (NitraVer 5)
- Agiter pour bien mélanger et attendre 5 min, après avoir réglé le minuteur du spectrophotomètre
- Remplir la cuvette avec l'échantillon blanc (l'échantillon blanc = eau distillée + NitraVer 5 pour  $\text{NO}_3^-$ )
- Quand le minuteur sonne, appuyer sur Zéro/blanc, pour effectuer la lecture de l'échantillon blanc.
- Placer, ensuite, l'échantillon d'eau préparé, contenant le réactif.
- Le résultat s'affiche sur l'écran du spectrophotomètre. **(Fig.9)**

#### ❖ Expression des résultats

La valeur indiquée de la concentration des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), retrouvée dans l'eau analysée, est exprimée en mg/l.



(A)



(B)

**Figure 9** : Dosage des nitrates

((A) : Le spectrophotomètre - (B) : Le réactif spécifique NitraVer 5) (Reggami, 2024)

## 1.9 Détermination des Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

### ❖ Matériels

- Spectrophotomètre
- Cuve carrée de 5 ml
- Bécher de 100 ml
- Pipete de 10 ml

### ❖ Réactifs

- NitriVer 2 réactif pour les nitrites (inhibiteur)

### ❖ Mode opératoire

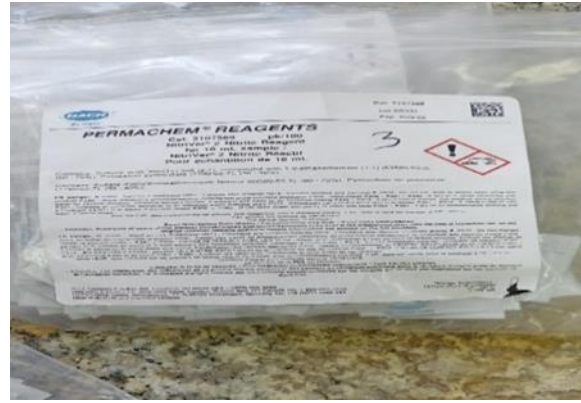
- Après avoir allumé le spectrophotomètre, sélectionner le programme sur  $\text{NO}_2^-$ . La longueur d'onde spécifique est de 520 nm
- Prélever 10 ml de l'échantillon, puis les verser dans le bécher
- Ajouté le réactif des nitrates (NitriVer 2)
- Agiter, pour bien mélanger et attendre 5 min, le temps de la réaction
- Activer l'alarme du spectrophotomètre sur 5 min
- Remplir la cuvette avec l'échantillon blanc (l'échantillon blanc = eau distillée + NitriVer 2 pour  $\text{NO}_2^-$ )
- Quand le minuteur sonne, appuyer sur Zéro/blanc pour effectuer la lecture, pour l'échantillon blanc.
- Placer, ensuite, l'échantillon d'eau préparé contenant le réactif.
- Le résultat s'affiche sur l'écran du spectrophotomètre. (**Fig.10**)

### ❖ Expression des résultats

La valeur indiquée de la concentration des nitrates ( $\text{NO}_2^-$ ), retrouvée dans l'eau analysée, est exprimée en mg/l



(A)



(B)

**Figure 10** : Dosage des nitrites

((A) : Le spectrophotomètre - (B) : Le réactif spécifique NitriVer 2) (Reggami, 2024)

### 1.10 Détermination des ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

#### ❖ Matériels

- Spectrophotomètre
- Cuve carrée de 5 ml
- Bécher de 100 ml
- Pipete de 10 ml

#### ❖ Réactifs

- Sulfaver 4 réactif pour les sulfates (inhibiteur)

#### ❖ Mode opératoire

- Après avoir allumé le spectrophotomètre, sélectionner le programme sur  $\text{SO}_4^{2-}$ . La longueur d'onde spécifique est de 520 nm
- Prélever 10 ml de l'échantillon d'eau, puis les verser dans le bécher
- Ajouté le réactif pour les sulfates (SulfaVer 4)
- Agiter, pour bien mélanger et attendre 5 min, le temps de la réaction
- Activer l'alarme du spectrophotomètre sur 5 min
- Remplir la cuvette avec l'échantillon blanc (l'échantillon blanc = eau distillée + SulfaVer 4 pour  $\text{SO}_4^{2-}$ )
- Quand le minuteur sonne, appuyer sur Zéro/blanc pour effectuer la lecture, pour l'échantillon blanc.

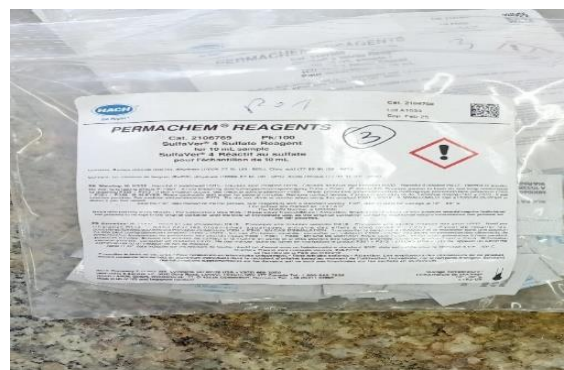
- Placer, par la suite, l'échantillon d'eau préparé contenant le réactif.
- Le résultat s'affiche sur l'écran du spectrophotomètre. (**Fig.11**)

### ❖ Expression des résultats

La valeur de la concentration des ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), retrouvée dans l'eau analysée, est exprimée en mg/L



(A)



(B)

**Figure 11** : Dosage des sulfates

((A) : Le spectrophotomètre - (B) : Le réactif spécifique SulfaVer 4) (**Reggami, 2024**)

## 1.11 Détermination des cations ( $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{K}^+$ , $\text{Na}^+$ )

Il s'agit de la méthode de détermination des cations extractibles (ou bases échangeables) de l'eau, extraits par agitation de la prise d'essai en présence d'une solution d'acétate d'ammonium. Les cations sont ensuite dosés par spectrophotométrie d'émission de flamme ou par spectrométrie d'absorption atomique.

### ❖ Principe

L'extraction des cations contenus dans les échantillons des eaux à analyser se fait par agitation de la prise d'essai, en présence d'une solution à  $1 \text{ mol. l}^{-1}$  d'acétate d'ammonium à pH 7, avec un rapport d'extraction de 1/20 (m/V).

Le dosage des ions de potassium ( $\text{K}^+$ ) et de sodium ( $\text{Na}^+$ ) se fait par spectrophotométrie d'émission de flamme.

Le dosage des ions (cations) de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) se fait par spectrométrie d'absorption atomique.

## ❖ Réactifs

- Eau distillée ou déminéralisée
- Acétate d'ammonium
  - ✓ Dissoudre 385g d'acétate dans 5L EDTA
- Solution d'acide chlorhydrique (HCl)
- Solution d'ammoniaque
- Solution d'acide acétique
- Chlorure de lanthane hexahydraté
- Solutions mères étalons :
  - ✓ Solution de potassium,  $C(K_2O) = 0,500 \text{ g. l}^{-1}$   
Dissoudre 0,793 g de chlorure de potassium (KCl) dans 1L d'eau
  - ✓ Solution de sodium,  $C(Na_2O) = 0,500 \text{ g. l}^{-1}$   
Dissoudre 0,943 g de chlorure de sodium (NaCl) dans 1L d'eau
  - ✓ Solution de calcium,  $C(CaO) = 1000 \text{ g. l}^{-1}$

Placer 1.785 g de carbonate de calcium dans une fiole de 1L. Ajouter progressivement la solution d'acide chlorhydrique, jusqu'à dissolution complète (la quantité théorique est de 36 ml). Ajuster au volume avec de l'eau. Homogénéiser.

- ✓ Solution de magnésium,  $C(MgO) = 1000 \text{ g. l}^{-1}$

Placer 0.603 g de carbonate de magnésium dans une fiole de 1L. Ajouter progressivement la solution d'acide chlorhydrique, jusqu'à dissolution complète (la quantité théorique est de 50 ml). Ajuster au volume avec de l'eau. Homogénéiser.

## ❖ Matériels

- Balance analytique
- Récipients pour l'agitation
- Distributeur
- Agitateur
- Filtres sans cendre
- Spectrophotomètre d'émission de flamme
- Spectromètre d'absorption atomique

## ❖ Mode opératoire

- Allumer le spectrophotomètre de flamme d'alimentation en carburant
- Allumer le compresseur d'air
- Appuyer sur la touche d'alimentation pour allumer l'appareil

- Placer les solutions mères (solutions de potassium et sodium) dans spectrophotométrie d'émission de flamme
- Laisser le spectrophotomètre de flamme 30 minutes, pour stabiliser la température de fonctionnement
- Le spectrophotomètre de flamme est connecté à l'ordinateur, pour numériser le graphique pour analyse (**Fig.12**)
- Allumer le spectromètre d'absorption atomique
- Placer les solution mères (solutions de calcium et magnésium) dans spectrométrie d'absorption atomique. (**Fig.13**)
- Placer dans les tubes, par ordre : Eau distillée ou déminéralisée, Acétate d'ammonium, Solution d'acide chlorhydrique, Solution d'ammoniaque, Solution d'acide acétique, Chlorure de lanthane hexahydraté.
- Ajouter, ensuite, les échantillons des eaux à analyser et les numéroter dans l'ordinateur, pour les retrouver et pour connaître la valeur obtenue pour chaque échantillon.

#### ❖ Expression des résultats

Les valeurs des cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{k}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) retrouvées dans les échantillons d'eaux analysés s'affichent, directement, sur l'écran du spectrophotomètre de flamme et sur l'écran du spectromètre d'absorption atomique.

Les valeurs obtenues sont exprimées en mg/L.



(A)



(B)

**Figure 12** : Le spectromètre d'émission de flamme

(Pour le dosage des ions de potassium ( $\text{K}^+$ ) et de sodium ( $\text{Na}^+$ ))

(A) : Spectrophotomètre d'émission de flamme - (B) : Les tubes du spectromètre, où  
Les solutions ou les échantillons



**Figure 13** : Le spectromètre d'absorption atomique

(Pour le dosage des ions de calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et de magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ))  
(Reggami, 2024)

### 1.12 Résidu sec

#### ❖ Principe

Déterminer la quantité totale de minéraux contenus dans les échantillons d'eaux

#### ❖ Mode opératoire

- Evaporation de 1L d'eau à  $180^{\circ}\text{C}$  ou  $105^{\circ}\text{C}$
- Après évaporation, nous le refroidissons au dessiccateur, pour éviter l'absorption d'humidité.
- Calculer le taux des éléments minéraux recueillis après l'évaporation (La différence de masse avant et après évaporation donne la quantité de résidu sec).

#### ❖ Expression des résultats

La valeur du résidu sec obtenues, pour chaque échantillon d'eau analysé, est exprimée en mg/l.

## *Résultats et discussion*

## 2 Résultats et discussion

Les analyses des paramètres physicochimiques des 06 six échantillons d'eaux en bouteille étudiés (Température, ph, conductivité, résidu sec, chlorures, sulfates, nitrates, nitrites, bicarbonates, les minéraux (calcium, sodium, magnésium et potassium), nous ont permis d'obtenir les résultats suivant (**Tab.2**) :

**Tableau 2** : Résultats des analyses physicochimique  
(Reggami, 2024)

Les Marques	Concentration des anions en (mg/l)						Concentration des cations en (mg/l)				pH	Résidu Sec (mg/l)	Conductivité à 25°C (uS/cm)	Température (°C)	TA (mg/l)	TAC (mg/l)
	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>						
<b>Ifri</b>	66,99	88,18	262	0	<0,02	13	96	30	32	2	7,10	545	900	25	0	220
<b>Bouglez</b>	9,97	29,25	0	0	0,06	8,99	4,4	4	30	1	6,71	139	150	25	0	200
<b>Ouwis</b>	170	47,89	260	0	<0,01	18,02	105	25,9	59	1,99	7,46	721	1080	25	0	254
<b>Guedila</b>	93	36	0	0	<0,01	4,4	77	35	28	1,89	7,51	563	776	25	0	228
<b>Youkous</b>	35	25,2	200	0	0	2	77	14	13	4,5	7,4	282	1020	25	0	164
<b>El Kantara</b>	162	55,45	240	0	<0,01	9,55	88	36	34	2,97	7,2	630	813	25	0	100

Sur la base des résultats obtenus, on a essayé d'aborder 02 approches :

- Une première approche relative à la composition chimique de ces eaux, où, pour chaque paramètre analysé, on a comparé les résultats obtenus avec les valeurs indiquées sur l'étiquetage de chaque marque d'eau en bouteille, ayant pour but la confirmation (ou non) de la bonne pratique des manipulations effectuées et de la stabilité de la composition physicochimique de ces eaux.
- Une deuxième approche, où on a essayé d'étudier la qualité physicochimique de ces eaux, en comparant, séparément, chaque paramètre analysé, pour chaque type d'eau

(eau minérale naturelle et eau de source). Le but est de confirmer (ou non) la cohérence de nos résultats obtenus avec les exigences de la législation algérienne, par comparaison avec les valeurs des normes algériennes mentionnées dans les journaux officiels, d'une part et d'autre part d'essayer d'identifier laquelle de ces eaux est bénéfique pour la santé, en matière d'apport en minéraux.

## 2.1 Composition chimique

### 2.1.1 Comparaison des résultats avec les valeurs des étiquetages

#### Les eaux minérales naturelles

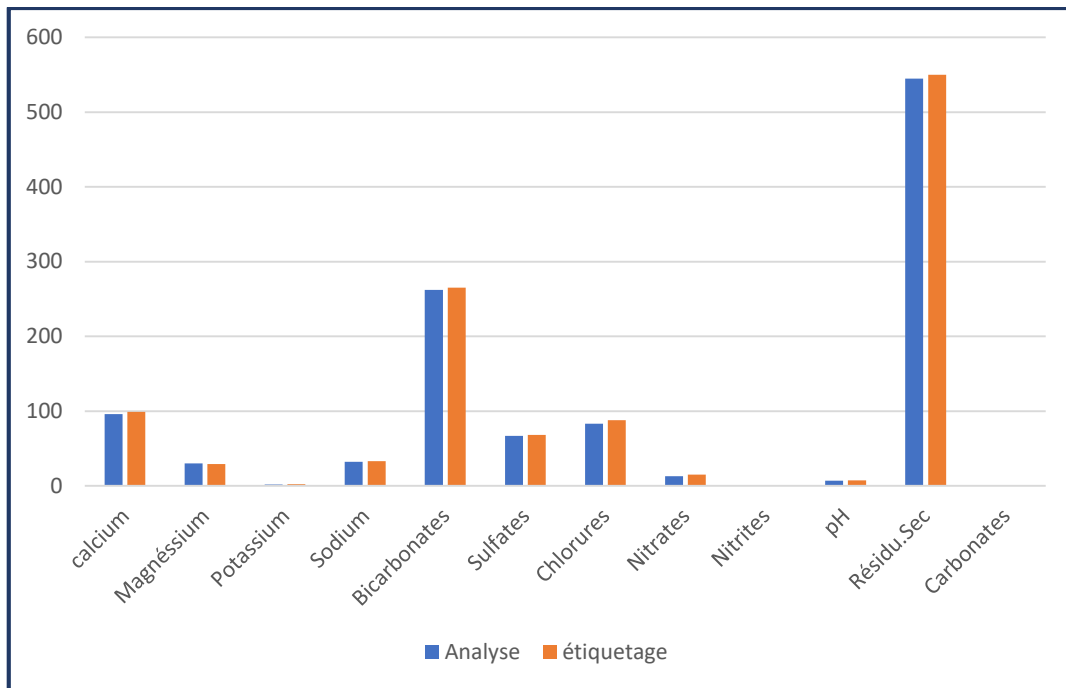
##### 2.1.1.1 Ifri

Après avoir analysé les paramètres physicochimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**Tab.3**) :

**Tableau 3** : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ifri (Reggami, 2024)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
Cl <sup>-</sup>	88.18	88
Ca <sup>2+</sup>	96	99
Mg	30	29
Na	32	33
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	66.99	68
HCO <sub>3</sub>	262	265
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	/
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0.02	<0.02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	13	15
K	2	2.1
PH	7.10	7.2
R.SEC	545	550

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (**Fig.14**)



**Figure 14** : Eau Ifri - Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Reggami, 2024)

Sur la base des comparaisons, on constate qu'à l'exception des valeurs des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) qui sont identiques, les résultats des autres paramètres que nous avons obtenus sont légèrement inférieurs aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque :

- Différence de 5 mg/l pour le résidu sec
- Différence de 3mg/l pour les paramètres : Calcium et bicarbonates
- Différence de 2 mg/l pour les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )
- Différence de 1 mg/l pour les autres paramètres analysés.

Par contre pour le magnésium et les chlorures, nos résultats sont légèrement supérieurs, comparés aux valeurs de l'étiquetage, avec une différence de 1 mg/l et moins, respectivement. La teneur en carbonates de cette eau est nulle, confirmé par l'étiquetage.

Il est à noter que, selon l'**Afsaa**, la minéralisation d'une eau représente la quantité de sels minéraux dissouts, exprimée en milligramme par litre d'eau.

Cette minéralisation doit être stable, dans le temps, de façon absolue, mais peut varier de quelques milligrammes par litres, à quelques dizaines et même, exceptionnellement, quelques centaines de milligrammes par litres. (Afsaa, 2008)

Ceci nous amène à tolérer les différences notées pour les sels minéraux (calcium, sodium, potassium et magnésium) et, par conséquent, pour le résidu sec, également, qui est un témoin de la teneur en sels minéraux de l'eau.

De plus, on peut attribuer les légères variations des paramètres (entre nos résultats et l'étiquetage), à l'incertitude analytique, puisque les dosages ont été effectués par des personnes différentes et peut-être par des appareils différents.

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Ifri, nos résultats sont, approximativement, identiques aux valeurs de l'étiquetage. Donc, une bonne stabilité dans le temps.

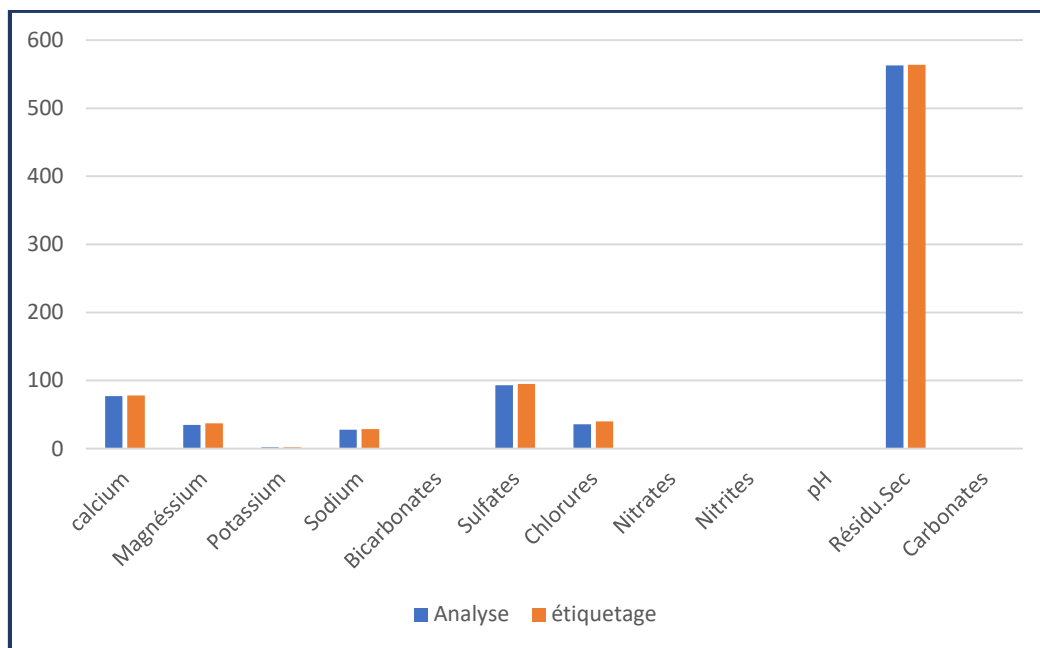
### 2.1.1.2 Guedila

Après avoir analysé les paramètres physicochimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**Tab.4**) :

**Tableau 4** : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Guédila (Reggami, 2024)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
Cl <sup>-</sup>	36	40
Ca	77	78
Mg	35	37
Na	28	29
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	93	95
HCO <sub>3</sub>	0	/
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	/
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0.01	<0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.4	4.5
K	1.89	2
PH	7.51	7.35
R.SEC	563	564

Les données du tableau nous ont permis de d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (**Fig.15**)



**Figure 15** : Eau Guedila - Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Reggami, 2024)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Guedila ne contient ni carbonates, ni bicarbonates ; Ce qui est confirmé par l'étiquetage.

- Pour la teneur en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) de cette eau, nos résultats sont similaires à l'étiquetage.
- Pour le reste des paramètres analysés (Na, Mg, Ca, nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ),...), les valeurs sont légèrement inférieures à celles de l'étiquetage (différences de 2mg/l, 1mg/l et moins), avec une différence maximale de 4 mg/l pour les chlorures. Néanmoins, on note que les valeurs sont proches.

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Guedila, nos résultats sont, approximativement, identiques aux valeurs de l'étiquetage. Donc, une bonne stabilité minérale, dans le temps.

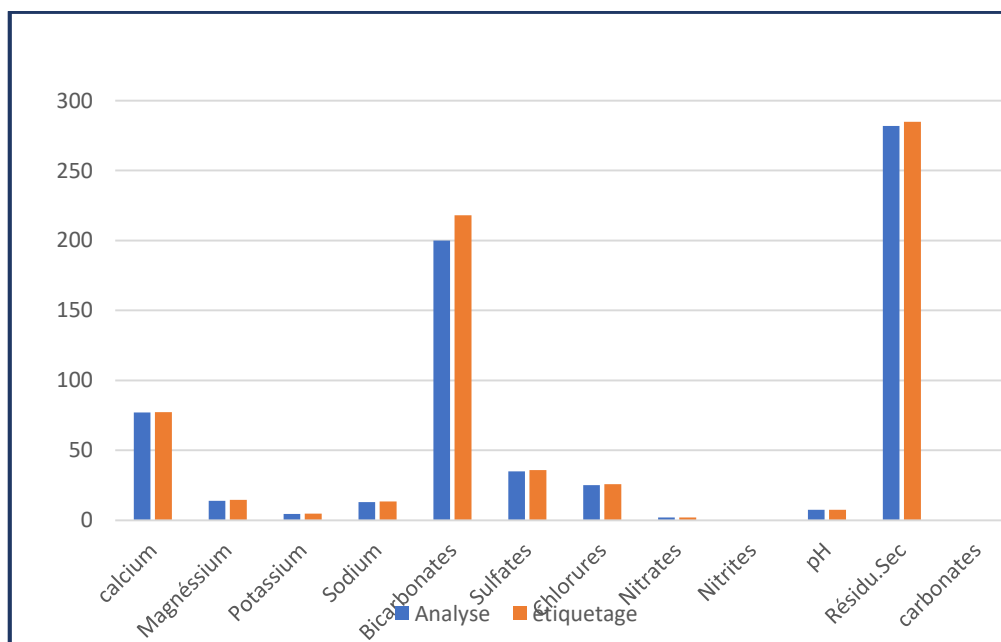
### 2.1.1.3 Youkous

Après avoir analysé les paramètres physicochimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (Tab.5) :

**Tableau 5** : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Youkous (Reggami, 2024)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
Cl <sup>-</sup>	25.2	25.70
Ca	77	77.40
Mg	14	14.50
Na	13	13.40
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	35	35.80
HCO <sub>3</sub>	200	218
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	/
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2	2.00
K	4.5	4.65
pH	7.4	7.4
R.SEC	282	285

Les données du tableau nous ont permis de d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.16)



**Figure 16** : Eau Youkous - Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Reggami, 2024)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Youkous présente une teneur nulle en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) et en carbonates, confirmée par l'étiquetage.

- Pour le pH et la teneur en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nos résultats sont similaires aux valeurs indiquées sur l'étiquetage (7,4 et 2 mg/l, respectivement).
- Pour la teneur en chlorures, en sulfates et en sels minéraux (calcium, magnésium, sodium et potassium), nos résultats sont inférieurs, mais très proches des valeurs décrites sur l'étiquetage de cette eau, puisque les différences n'atteignent pas 01mg/l.
- Pour le résidu sec, nos résultats sont inférieurs de 2 mg/l, comparés à sa valeur sur l'étiquetage, alors que pour la teneur en bicarbonates, nos résultats présentent 18 mg/l de moins que la valeur de ce paramètre indiquée sur l'étiquetage.

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Youkous, nos résultats sont, approximativement, similaires aux valeurs de l'étiquetage.

## Les eaux de source

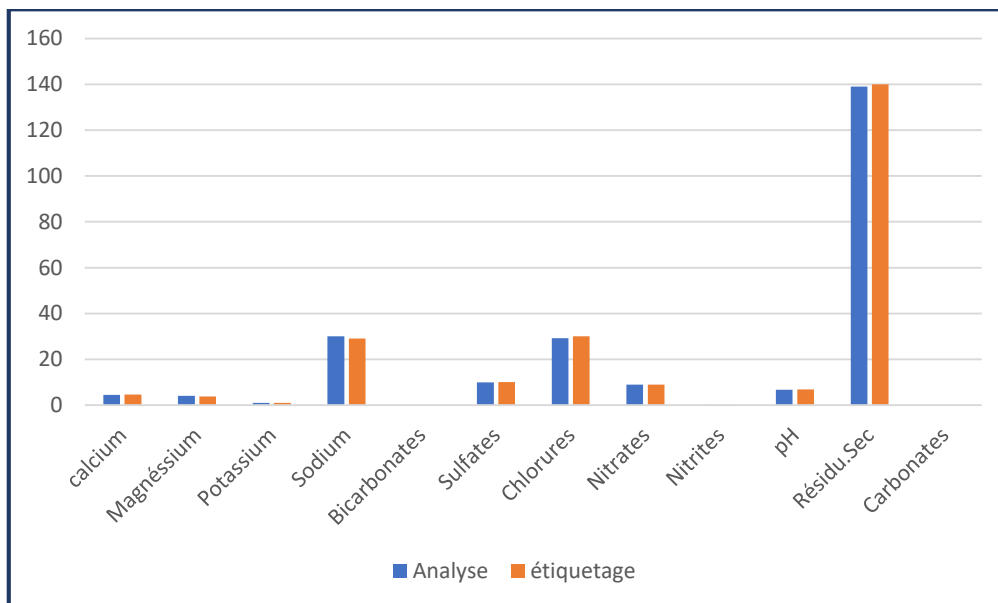
### 2.1.1.4 Ain Bouglez

Après avoir analysé les paramètres physicochimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**Tab.6**) :

**Tableau 6** : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ain Bouglez (Reggami, 2024)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
$\text{Cl}^-$	29,25	30
$\text{Ca}^{+2}$	4,4	4,6
$\text{Mg}^{+2}$	4	3,75
$\text{Na}^{+2}$	30	29
$\text{SO}_4^2$	9,97	10
$\text{HCO}_3^-$	0	/
$\text{CO}_3^{2-}$	0	/
$\text{NO}_2^-$	0.06	0,06
$\text{NO}_3^-$	8,99	9
$\text{K}^{+2}$	1	1
<b>pH</b>	6,71	6,87
<b>R.SEC</b>	139	140

Les données du tableau nous ont permis de d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (**Fig.17**)



**Figure 17** : Eau Ain Bouglez - Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Reggami, 2024)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau de source Ain Bouglez présente une teneur nulle en carbonates et bicarbonates.

- Pour les teneurs en nitrites et en potassium, celles-ci sont identiques, entre nos résultats et l'étiquetage (0,06 mg/l et 1 mg/l respectivement).
- Pour les teneurs en chlorures, calcium, magnésium, sodium, sulfates, nitrates, pH et résidu sec nos résultats sont, certes, inférieurs, mais proches des valeurs de ces paramètres mentionnées sur l'étiquetage de cette eau, puisque les différences sont de 1mg/l (Na et résidu sec) et moins de 1mg/l pour le reste.

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Ain bouglez, nos résultats sont, approximativement, identiques aux valeurs de l'étiquetage. Donc, une bonne stabilité minérale.

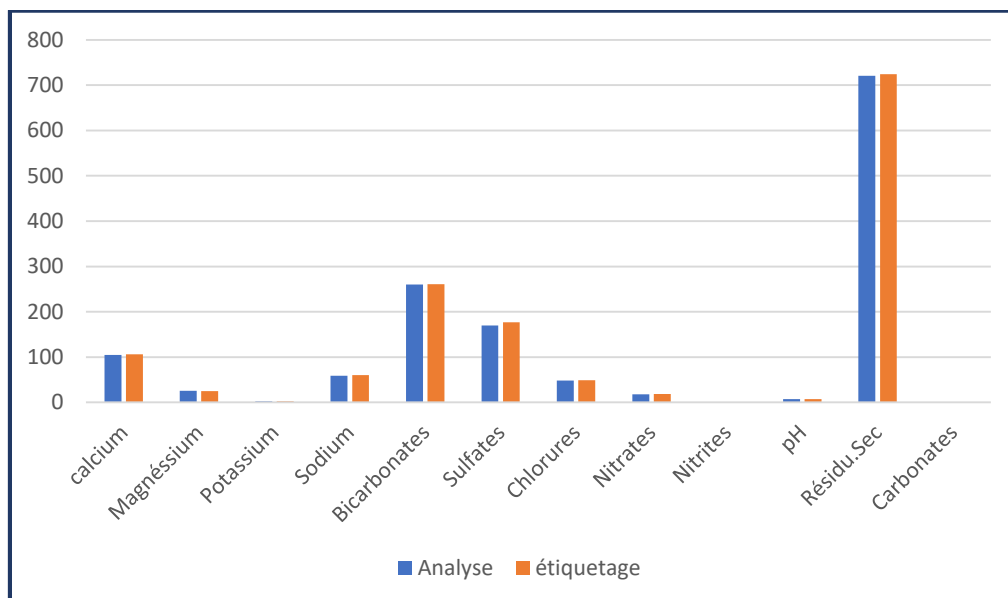
### 2.1.1.5 Ouwis

Après avoir analysé les paramètres physicochimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**Tab.7**) :

**Tableau 7** : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ouwis (Reggami, 2024)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
Cl <sup>-</sup>	47.89	48.59
Ca	105	106
Mg	25.9	25
Na	59	60
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	170	177
HCO <sub>3</sub>	260	261
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	/
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0.01	<0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	18.02	18.30
K	1.99	2
pH	7.46	7.42
R.SEC	721	724

Les données du tableau nous ont permis de d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.18)



**Figure 18** : Eau Ouwis - Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Reggami, 2024)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau de source Ouwis présente une teneur nulle en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ).

- Pour le pH, notre résultat est légèrement supérieur à la valeur indiquée sur l'étiquetage (hausse minime de 0,04).
- Même constatation pour la teneur en magnésium, où notre résultat dépasse de 0,9mg/l la valeur inscrite sur l'étiquetage (25,9 mg/l contre 25 mg/l).
- Pour les teneurs en chlorures, calcium, magnésium, sodium, bicarbonates, nitrates et potassium, nos résultats, bien que légèrement inférieurs, sont très proches des valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque (les différences sont de 1 mg/l et moins).
- Pour la teneur en sulfates et le résidu sec, nos résultats sont, également, inférieurs aux valeurs de l'étiquetage (- 7mg/l pour les sulfates et - 3mg/l pour le résidu sec). Les valeurs de nos résultats demeurent, toujours, proches à celles de l'étiquetage.

De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Ouwis, nos résultats sont, approximativement, identiques aux valeurs de l'étiquetage. Donc, une bonne stabilité minérale, dans le temps.

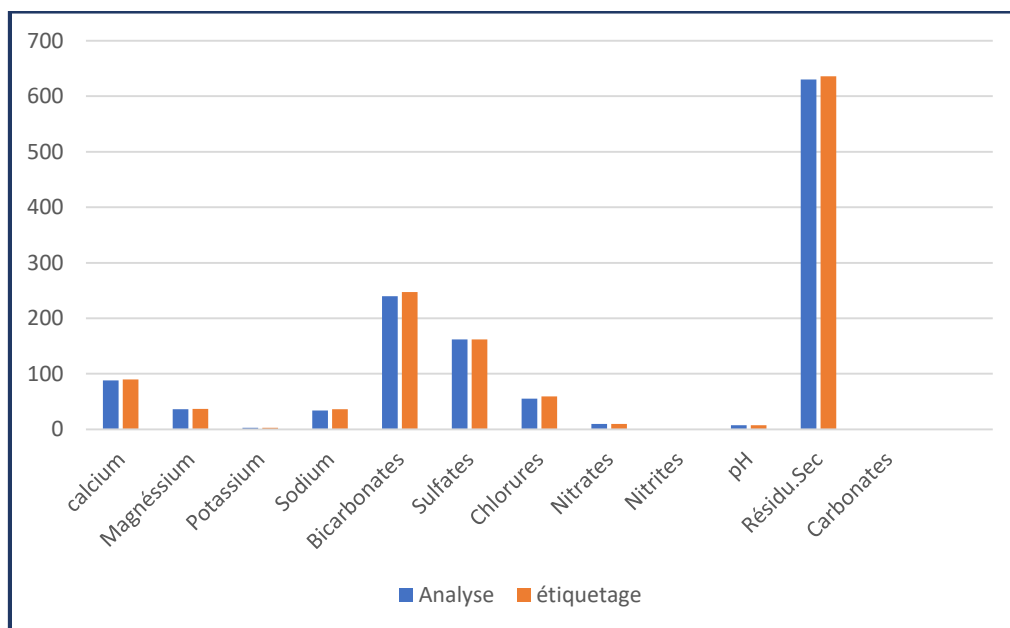
#### **2.1.1.6 El Kantara**

Après avoir analysé les paramètres physicochimiques de cette eau, les valeurs des résultats obtenus et celles figurant sur l'étiquetage de cette marque sont regroupées dans le tableau suivant (**Tab.8**) :

**Tableau 8** : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque El Kantara (Reggami, 2024)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
Cl <sup>-</sup>	55.45	59
Ca	88	90
Mg	36	37
Na	34	36
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	162	162
HCO <sub>3</sub>	240	247
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0	/
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0.01	<0.01
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	9.55	9.60
K	2.97	3
pH	7.2	7.32
R.SEC	630	636

Les données du tableau nous ont permis de d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.19)



**Figure 19** : El Kantara - comparaison des résultats avec l'étiquetage (Reggami, 2024)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau de source El Kantara a une teneur nulle en carbonates.

- Pour la teneur en sulfates et en nitrites, nos résultats et les valeurs indiquées sur l'étiquetage, pour ces deux paramètres sont identiques (162 mg/l et <0.01 respectivement).
- Pour les teneurs en bicarbonates et en chlorures, nos résultats sont inférieurs, mais proches des valeurs de l'étiquetage (- 7 mg/l pour les bicarbonates et - 3,55 mg/l pour les chlorures).
- Pour le reste des paramètres (calcium, magnésium, sodium, nitrates, potassium, Ph et résidu sec) nos résultats sont légèrement inférieurs aux valeurs de l'étiquetage (les différences sont de - 2mg/l, -1mg/l et moins de 1mg/l)

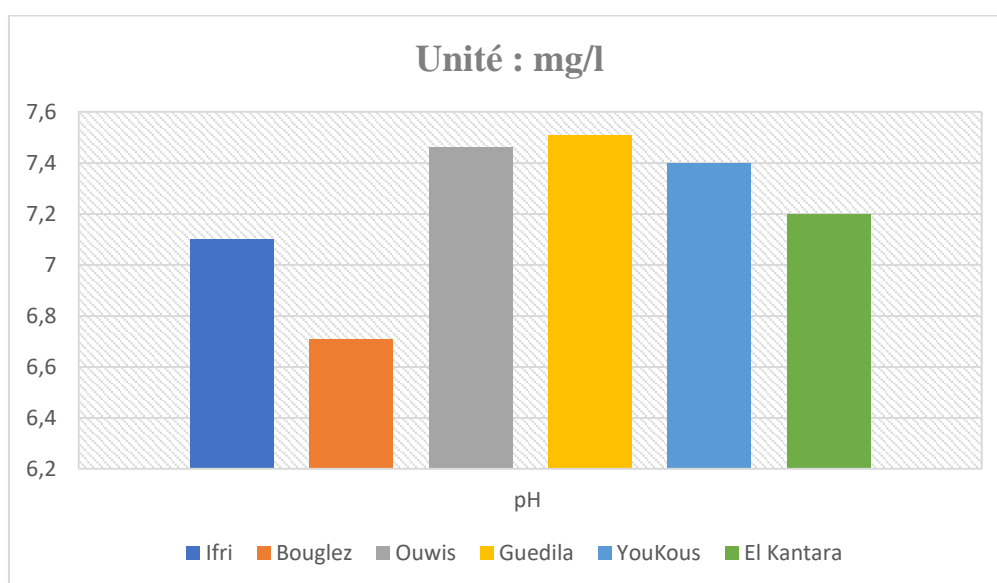
De façon générale, on peut conclure que, pour la marque El Kantara, nos résultats sont, approximativement, identiques aux valeurs de l'étiquetage. Donc, cette présente une stabilité minérale, dans le temps.

## 2.2 Composition physicochimique

Les paramètres analysés sont : pH, conductivité, chlorures, sulfates, nitrates, nitrites, bicarbonates, calcium, magnésium, sodium, potassium et résidu sec.

### 2.2.1 Potentiel hydrogène (pH)

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.20**) :



**Figure 20** : Résultats de l'analyse du Ph (Reggami, 2024)

Les résultats que nous avons obtenus ont démontré une moyenne de pH égale à 7,33 pour les eaux minérales naturelles et égale à 7,12 pour les eaux de source.

- Pour les eaux minérales naturelles, le pH varie entre une valeur maximale, pour l'eau Guedila (7,51) et une valeur minimale, pour l'eau Ifri (7,10)
- Pour les eaux de source, ce paramètre varie entre une valeur maximale, pour l'eau Ouwis (7,46) et une valeur minimale, pour l'eau Ain Bouglez (6,71).

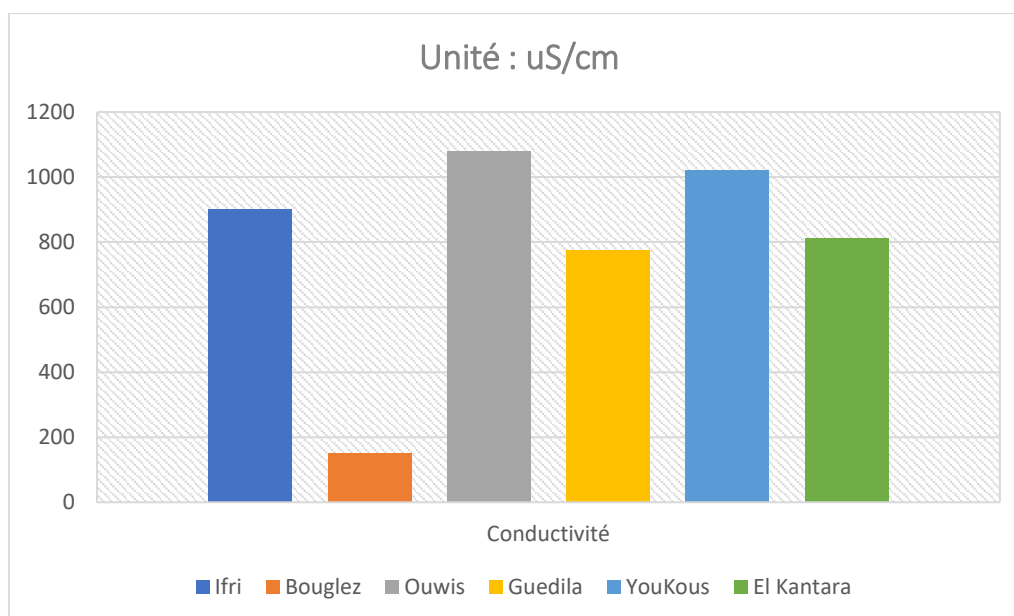
Quelque soient les valeurs de pH obtenues, pour les 02 types d'eaux en bouteilles, elles restent dans l'intervalle des valeurs indiquées par la législation algérienne, dans **le JORA 2006**, qui exige un pH compris entre 6,5 et 8,5. (**Annexe 1**).

Le même constat de conformité des résultats avec la législation de notre pays a été observé, dans l'étude de **Sandali (2021)**, pour cinq (5) de nos échantillons (à l'exception de l'eau Ouwis), où le ph de leurs 2 types d'eau varie entre 6,87 et 7,4.

Comparés avec une autre étude, celle de **Arbi et Aldjoubi (2019)**, pour cinq (5) de nos échantillons (à l'exception de El Kantara), le ph de leurs types d'eau est compris entre 6,87-7,42. Ce qui appuie nos résultats.

### 2.2.2 Conductivité électrique

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.21**) :



**Figure 21** : Résultats de l'analyse de la conductivité (Reggami, 2024)

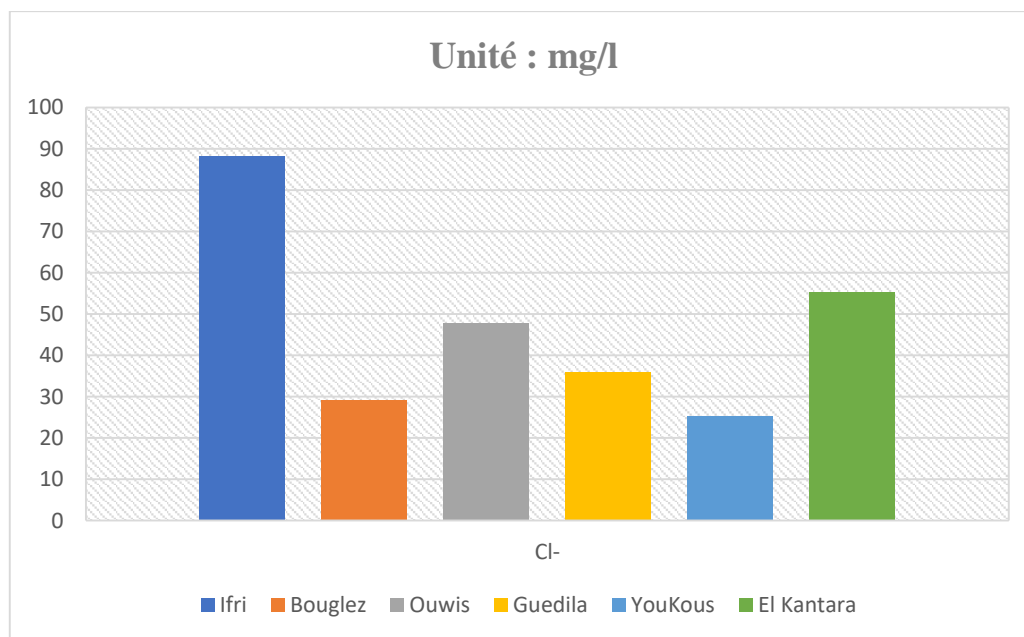
La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle varie en fonction de la présence d'ions, de leur concentration, de leur mobilité et de la température de l'eau.

- Pour les eaux minérales naturelles, la conductivité varie entre 900  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , pour l'eau Ifri et 1020  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , pour l'eau Youkous.
- Pour les eaux de sources, la valeur minimale de la conductivité a été enregistrée pour l'eau Ain Bouglez, (150  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), alors que la valeur maximale est celle de l'eau Ouwis (1080  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

Les résultats que nous avons obtenus sont, tous, en deçà de la valeur indiquée dans le **JORA 2006** et sont, donc, conformes à la législation de notre pays, qui exige une valeur maximale de la conductivité = 2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$  à 20°C. (**Annexe 1**)

### 2.2.3 Chlorures

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.22**) :



**Figure 22** : Résultats de la teneur en chlorures (Reggami, 2024)

La concentration moyenne des chlorures de nos échantillons d'eaux minérales naturelles est de 49,79 mg/l, alors que celle de nos échantillons d'eaux de source est de 44,19 mg/l.

- Pour les eaux minérales naturelles, elle varie entre 25,2 mg/l (eau Youkous) et 88,18 mg/l (eau Ifri).

— Pour les eaux de source, elle varie entre 29,25 mg/l (eau Ain Bouglez) et 55,45 mg/l (eau El Kantara).

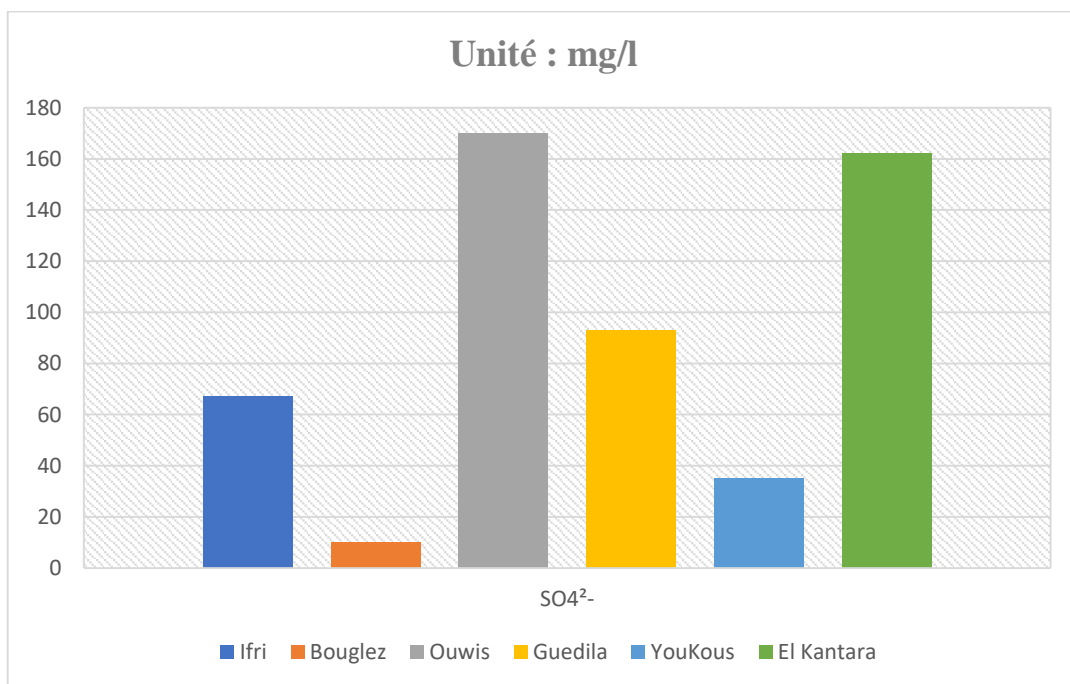
Dans le **JORA 2015**, la valeur des chlorures maximale admissible est de 500 mg/l. Les résultats de nos analyses, étant très inférieurs à cette valeur, on considère, donc, qu'ils sont conformes à la législation algérienne. (**Annexe 2**)

Nos résultats sont appuyés par les observations faites, pour le paramètre des chlorures de l'étude de **Sandali (2021)** (à l'exception de l'eau Ouwis), où la teneur en chlorures de ses 2 types d'eau est comprise entre 25,70 mg/l et 72 mg/l, conforme à la législation.

Nos résultats sont, également, appuyés par les observations faites dans l'étude de **Arbi et Aldjoubi (2019)** (à l'exception de l'eau El Kantara), où les valeurs de ce paramètre vont de 20 mg/l à 72 mg/l.

#### 2.2.4 Sulfates

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.23**) :



**Figure 23** : Résultats de la teneur en sulfates  
(Reggami, 2024)

La variation de la concentration en sulfates, en fonction de la qualité de l'eau, est attribuable, soit au lessivage des terrains traversés ou à un phénomène de dissolution des roches évaporitiques.

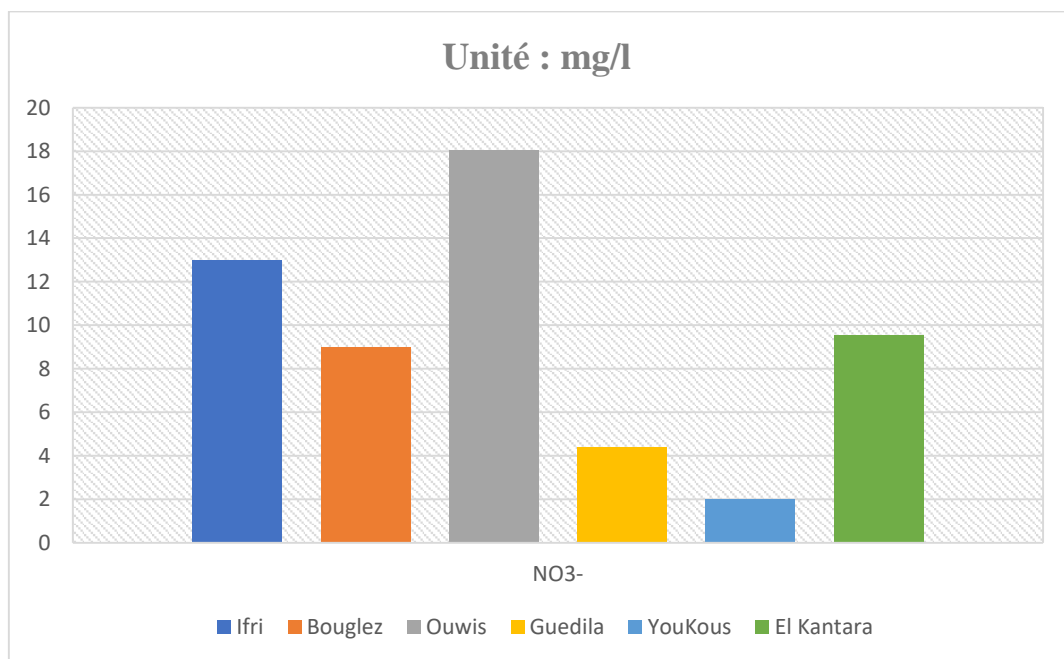
- Pour les eaux minérales naturelles, la valeur varie de 35 mg/l (Youkous) à 93 mg/l (Guedila).
- Pour les eaux de source, la valeur des sulfates varie de 9,97 mg/l (Ain Bouglez) à 170 mg/l (Ouwis)

Dans le **JORA 2015**, la valeur des sulfates maximale admissible dans ces deux types d'eau est de 400 mg/l. Les résultats de nos analyses, étant très inférieurs à cette valeur, on considère, donc, qu'ils sont conformes à la législation algérienne. (**Annexe 2**)

Les résultats des études, sur ces deux types d'eaux, entreprises par **Sandali (2021)** (sulfates : 10 mg/l à 162 mg/l, à l'exception de Ouwis) et **Arbi et Aldjoubi (2019)** (sulfates : 10 mg/l à 177 mg/l, à l'exception d'El Kantara), viennent confirmer la conformité de nos résultats à la réglementation algérienne en la matière.

### 2.2.5 Nitrates

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.24**) :



**Figure 24** : Résultats de teneur en nitrates  
(**Reggami, 2024**)

Sur la base des résultats obtenus pour les nitrates, qui sont des indicateurs de la pollution de l'eau, on peut constater que :

- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur en nitrates varie de 2 mg/l (Youkous) à 13 mg/l (Ifri)

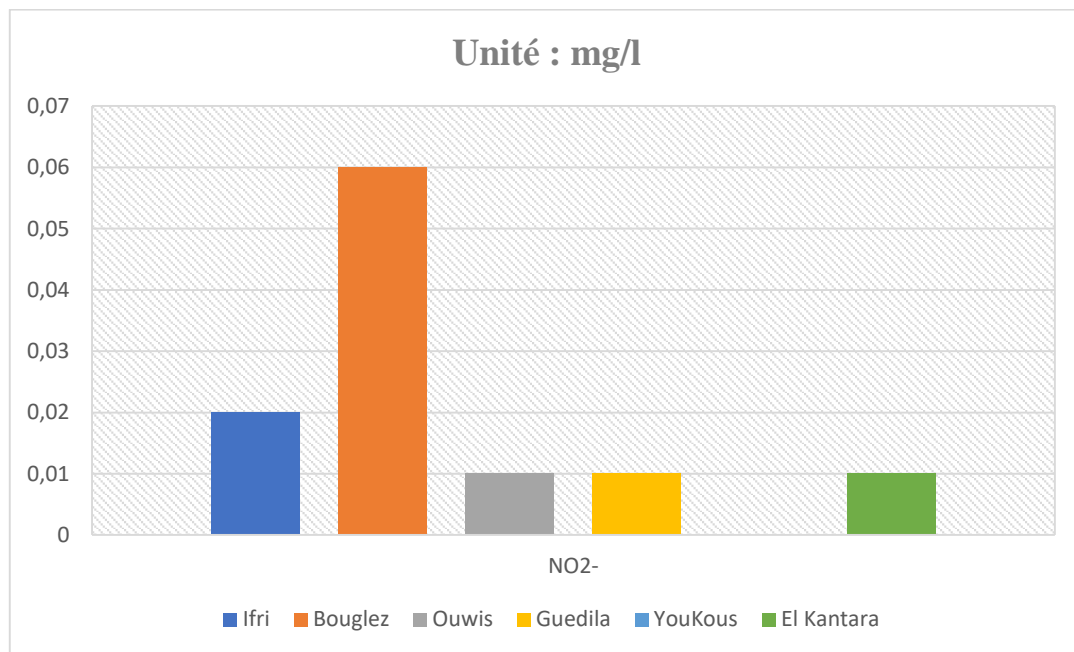
- Pour les eaux de source, la teneur en nitrates varie de 8,99 mg/l (Ain Bouglez) à 18,02 mg/l (Ouwis)

Nos résultats sont, nettement, inférieurs à la valeur maximale de 50 mg/l de nitrates, indiquée dans le **JORA 2006**, ce qui atteste de la conformité de nos résultats à la réglementation en vigueur, pour les 2 types d'eau. (**Annexe 1**)

Les résultats obtenus, pour ce paramètre, sont appuyés par ceux de l'étude de **Sandali (2021)** (nitrates : 2 mg/l à 15 mg/l, à l'exception de Ouwis) et ceux de l'étude de **Arbi et Aldjoubi (2019)** (nitrates : 2,5 mg/l à 18,5 mg/l, à l'exception d'El Kantara).

### 2.2.6 Nitrites

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.25**) :



**Figure 25** : Résultats de la teneur en nitrites (Reggami, 2024)

Sur la base des résultats obtenus, on constate que :

- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur en nitrites varie de 0 mg/l (Youkous) à <0,01mg/l (Guedila)
- Pour les eaux de source, la teneur en nitrites varie de <0,01mg/l (Ouwis et El Kantara) à 0,06 mg/l (Ain Bouglez)

Nos résultats sont, nettement, inférieurs à la valeur maximale en nitrites de 0,1 mg/l, exigée dans le **JORA 2015**, ce qui rend nos résultats conformes à la législation en vigueur, pour les 2 types d'eau. (**Annexe 2**)

Des résultats similaires ont été obtenus, par les études faites menées par **Sandali (2021)** (nitrites : 0 mg/l à 0,06 mg/l, à l'exception de Ouwis) et par **Arbi et Aldjoubi (2019)** (nitrites : 0 mg/l à 0,06 mg/l, à l'exception d'El Kantara).

### 2.2.7 Alcalinité

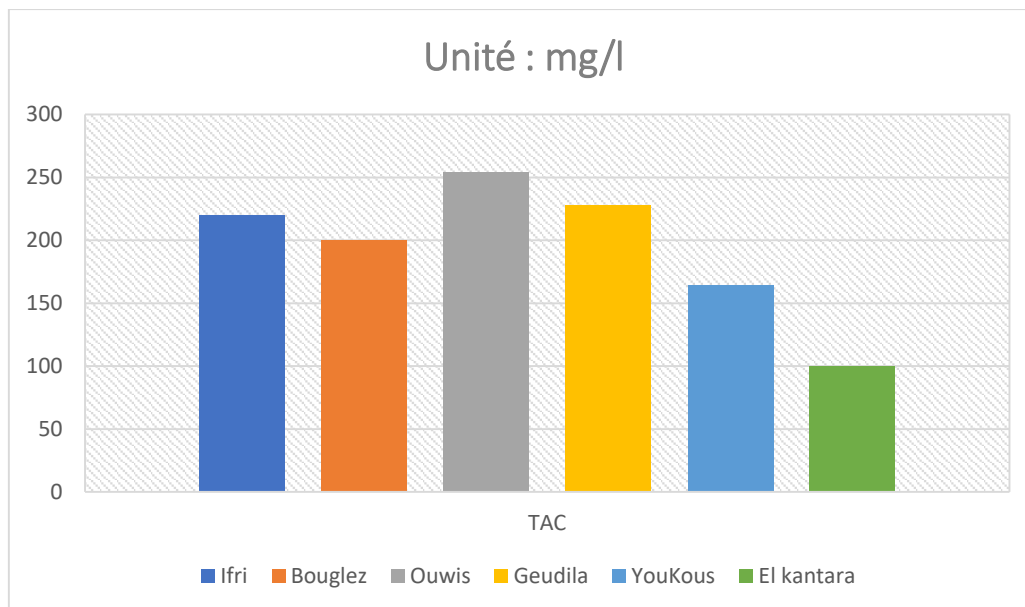
L'alcalinité est la mesure de la quantité de composés chimiques alcalins dans l'eau qui peuvent neutraliser les acides et maintenir le pH relativement stable

#### 2.2.7.1 Titre Alcalimétrique (TA)

Les résultats obtenus ont démontré un TA nul pour tous les échantillons des 2 types d'eaux étudiés, car leur pH est inférieur à 8,3. A cette valeur de pH, les eaux analysées ne contiennent pas de carbonates ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), conformément à la législation en vigueur. (**Tab.** )

#### 2.2.7.2 Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Le TAC mesure le taux de carbonates et bicarbonates dissouts dans l'eau. Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.26**) :



**Figure 26** : Résultats de l'analyse du TAC  
(**Reggami, 2024**)

Selon les résultats obtenus, on constate que :

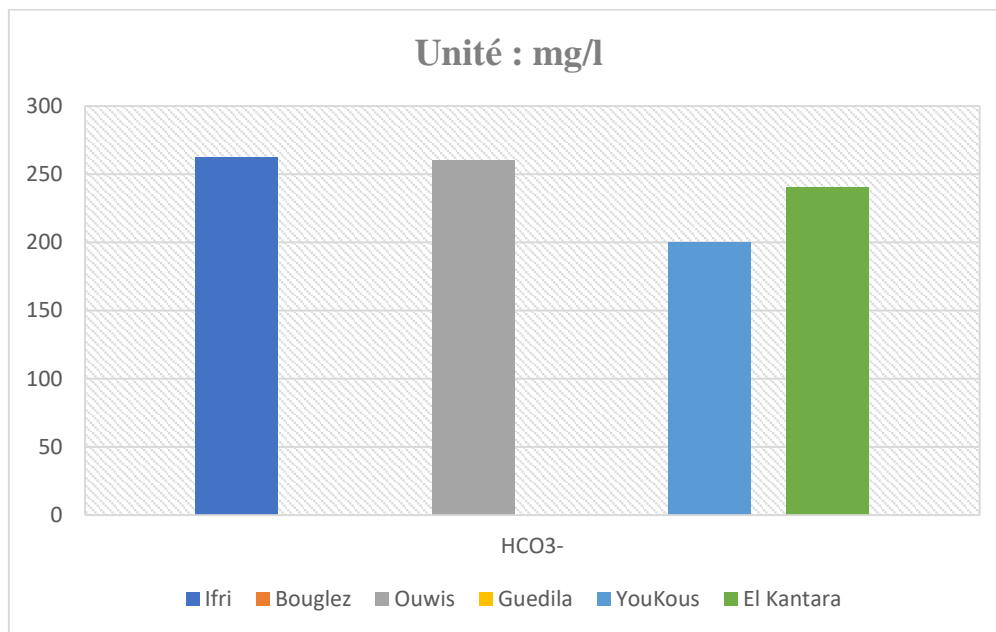
- Pour les eaux minérales naturelles, les valeurs du TAC varient de 164 mg/l (Youkous) à 228 mg/l (Guedila).

- Pour les eaux de source, les valeurs du TAC varient de 100 mg/l (El Kantara) à 254 mg/l (Ouwis).

Pour ce paramètre, aucun JORA ne précise de valeur maximale à respecter, obligatoirement.

### 2.2.8 Bicarbonates

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.27**) :



**Figure 27** : Résultats de la teneur en bicarbonates (Reggami, 2024)

Selon les résultats obtenus, on remarque que :

- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur en bicarbonates varie de 0 mg/l (Guedila) à 262 mg/l (Ifri)
- Pour les eaux de source, la teneur en bicarbonates varie de 0 mg/l (Ain Bouglez) à 260 mg/l (Ouwis)

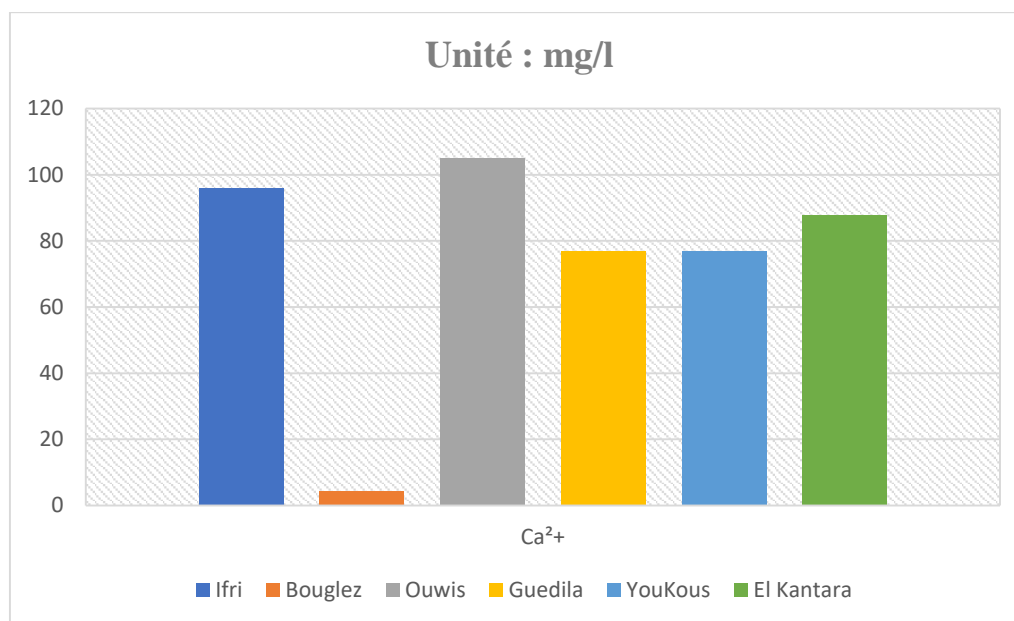
Dans la législation algérienne, il n'y a pas de JORA qui mentionne une valeur guide concernant la teneur maximale en bicarbonates pour les 2 types d'eau étudiés.

Toutefois, selon les critères de qualité des eaux minérales naturelles de la **CEE (2009)**, la valeur maximale de la teneur en bicarbonates est 600mg/l.

Toutefois nos résultats se rapportent, grandement, à ceux des études effectuées par **Sandali (2021)** (bicarbonates : 0 mg/l à 265 mg/l, à l'exception de Ouwis) et par **Arbi et Aldjoubi (2019)** (bicarbonates : 0 mg/l à 265 mg/l).

### 2.2.9 Calcium

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.28**) :



**Figure 28** : Résultats de la teneur en calcium (Reggami, 2024)

Sur la base des résultats obtenus pour ce minéral, on constate que :

- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur en calcium varie de 77 mg/l (Guedila et Youkous) à 96 mg/l (Ifri)
- Pour les eaux de source, la teneur en calcium varie de 4,4 mg/l (Ain Bouglez) à 105 mg/l (Ouwis)

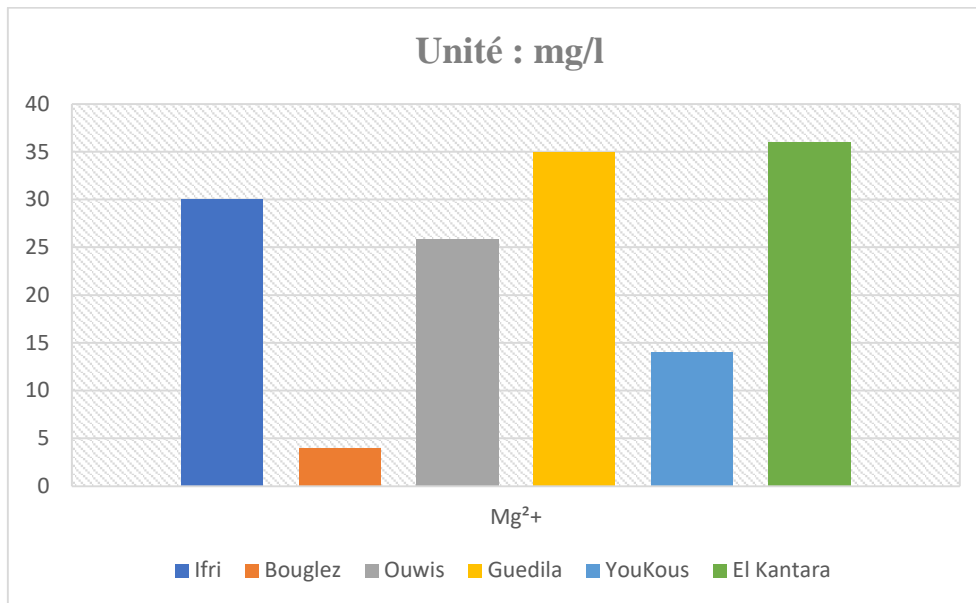
Nos résultats sont, nettement, inférieurs à la valeur maximale en calcium exigée dans le **JORA 2015**, qui est de 200 mg/l. Ceci qui atteste que nos résultats sont conformes à la réglementation en vigueur, pour les 2 types d'eau. (**Annexe 2**)

On remarque, toutefois, que, pour ce minéral, l'eau Ain Bouglez a enregistré une très faible teneur en calcium, contrairement aux autres marques d'eaux embouteillées (4,4 mg/l)

Les travaux de **Arbi et Aldjoubi (2019)** (calcium : 4,6 mg/l à 106 mg/l, à l'exception d'El Kantara) et de **Sandalli (2021)** (calcium : 4,6 mg/l à 99 mg/l, à l'exception d'Ouwis) concordent, fortement, avec nos résultats.

### 2.2.10 Magnésium

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.29**) :



**Figure 29** : Résultats de la teneur en magnésium (Reggami, 2024)

Sur la base des résultats obtenus pour ce minéral, on constate que :

- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur en magnésium varie de 14mg/l (Youkous) à 30 mg/l (Ifri)
- Pour les eaux de source, la teneur en calcium varie de 4 mg/l (Ain Bouglez) à 36 mg/l (El Kantara)

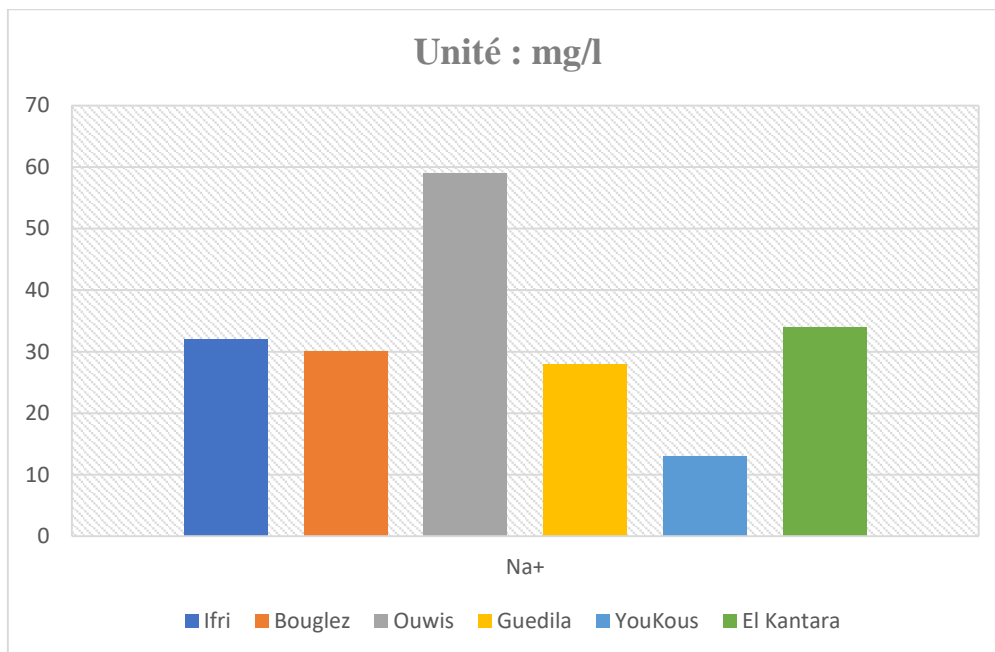
Nos résultats sont, nettement, inférieurs à la valeur maximale en magnésium exigée dans le **JORA 2015**, qui est de 150 mg/l. Ceci atteste que nos résultats sont conformes à la réglementation en vigueur, pour les 2 types d'eau. (**Annexe 2**)

On remarque, toutefois, que, pour ce minéral, l'eau Ain Bouglez a enregistré la plus faible des teneurs en magnésium, comparée aux autres marques d'eaux embouteillées (4 mg/l)

Nos résultats concordent, fortement, avec ceux des travaux de **Sandalli (2021)** (magnésium : 3,75 mg/l à 37 mg/l, à l'exception d'Ouwis) et ceux de **Arbi et Aldjoubi (2019)** (magnésium : 3,75 mg/l à 37 mg/l, à l'exception d'El Kantara).

### 2.2.11 Sodium

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.30**) :



**Figure 30** : Résultats de la teneur en sodium  
(Reggami, 2024)

Sur la base des résultats obtenus pour ce minéral, on constate que :

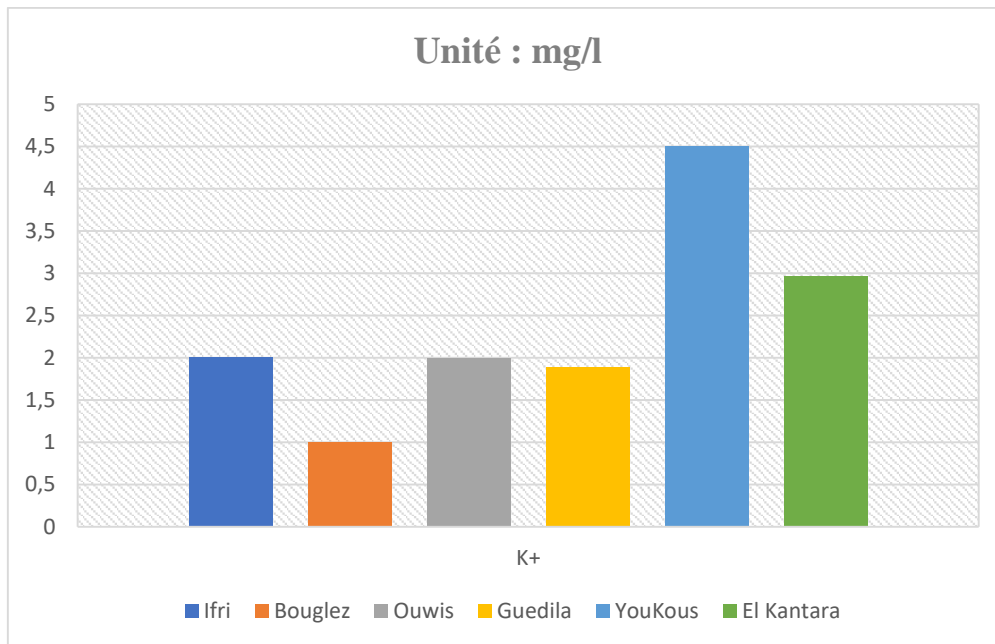
- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur en sodium varie de 13 mg/l (Youkous) à 32 mg/l (Ifri)
- Pour les eaux de source, la teneur en sodium varie de 30 mg/l (Ain Bouglez) à 59 mg/l (Ouwis)

Nos résultats sont, nettement, inférieurs à la valeur maximale en sodium exigée dans le **JORA 2015**, qui est de 200 mg/l. Ceci atteste que nos résultats sont conformes à la réglementation en vigueur, pour les 2 types d'eau. (**Annexe 2**)

Nos résultats concordent, fortement, avec ceux des travaux de **Sandalli (2021)** (sodium : 13,40 mg/l à 36 mg/l, à l'exception d'Ouwis) et ceux de **Arbi et Aldjoubi (2019)** (sodium : 10 mg/l à 60 mg/l, à l'exception d'El Kantara).

### 2.2.12 Potassium

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.31**) :



**Figure 31** : Résultats de la teneur en potassium  
(Reggami, 2024)

Le Potassium est un élément principalement rencontré dans les roches ignées et les argiles, dont la teneur dépasse, rarement, 10 mg/l, pour les eaux souterraines. (Sekiou F. et Khellil A., 2014)

Sur la base des résultats obtenus pour ce minéral, on constate que :

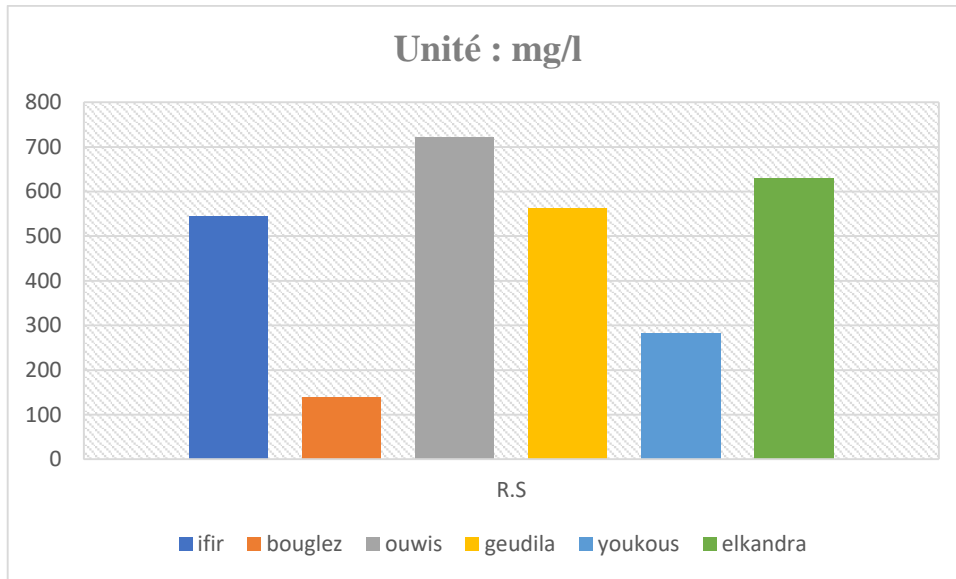
- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur en potassium varie de 1,89 mg/l (Guedila) à 4,5 mg/l (Youkous)
- Pour les eaux de source, la teneur en sodium varie de 1mg/l (Ain Bouglez) à 2,97 mg/l (El Kantara)

Nos résultats sont, nettement, inférieurs à la valeur maximale en sodium exigée dans le **JORA 2015**, qui est de 20 mg/l. Ceci atteste que nos résultats sont conformes à la réglementation en vigueur, pour les 2 types d'eau. (Annexe 2)

Les résultats des travaux de **Sandali (2021)** (potassium : 1mg/l à 4,4 mg/l, à l'exception d'Ouwis) et ceux de **Arbi et Aldjoubi (2019)** (potassium : 1mg/l à 4,8 mg/l, à l'exception d'El Kantara) corrént, fortement, avec les nôtres.

### 2.2.13 Résidu sec

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.32**) :



**Figure 32 :** Résultats de l'analyse du résidu sec (Reggami, 2024)

Sur la base des résultats obtenus pour ce minéral, on constate que :

- Pour les eaux minérales naturelles, la teneur du résidu sec varie de 282mg/l (Youkous) à 563 mg/l (Guedila)
- Pour les eaux de source, la teneur du résidu sec varie de 139 mg/l (Ain Bouglez) à 721 mg/l (Ouwis)

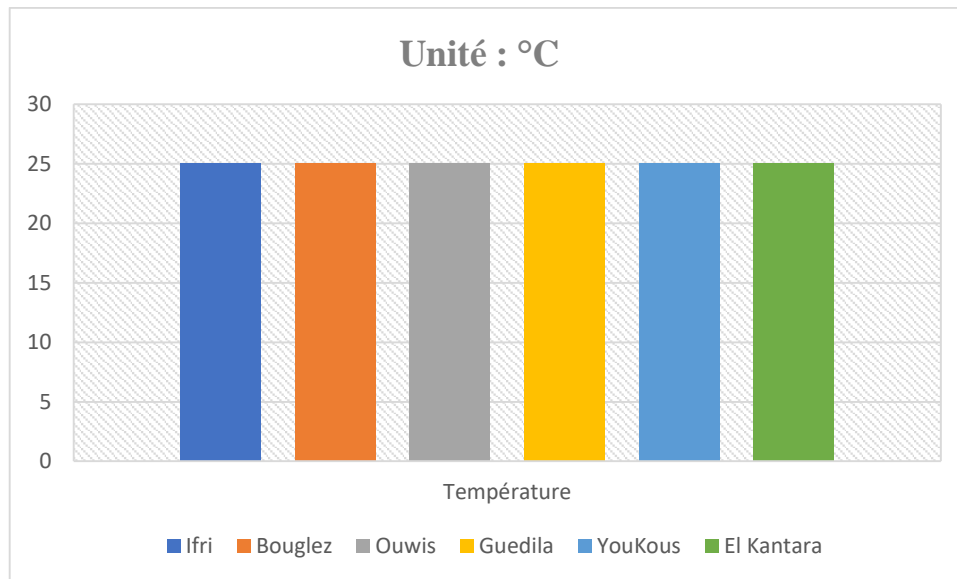
Nos résultats sont, nettement, inférieurs à la valeur maximale du résidu sec exigée dans le **JORA 2015**, qui est de 2000 mg/l. Ceci atteste que nos résultats sont conformes à la réglementation en vigueur, pour les 2 types d'eau. (**Annexe 2**)

On remarque, toutefois, que l'eau de source « Ain Bouglez » est la plus faiblement minéralisée.

Nos résultats concordent, fortement, avec ceux des travaux de **Sandalli (2021)** (résidu sec : 140 mg/l à 636 mg/l, à l'exception d'Ouwis) et ceux de **Arbi et Aldjoubi (2019)** (résidu sec : 140 mg/l à 724 mg/l, à l'exception d'El Kantara).

#### 2.2.14 Température

Les résultats obtenus sont regroupés dans l'histogramme suivant (**Fig.33**) :



**Figure 33** : Résultats de l'analyse de la température  
(Reggami, 2024)

La valeur de la température de nos échantillons est donnée, automatiquement, lors des analyses du pH.

Tous nos échantillons avaient la même température (25 °C), cela est, peut-être, dû au fait que ces derniers étaient laissés à la température ambiante du Laboratoire de contrôle de qualité.

Cependant, pour la température des 2 types d'eau, il n'y a aucune indication sur la valeur maximale à respecter, ni dans le JORA 2006, ni dans le JORA 2015 le modifiant.

Par contre, la valeur maximale de la température des eaux souterraines est fixée à 25°C, dans le **JORA 2011**.

### 2.3 Classification des échantillons d'eaux en bouteilles

Suite aux résultats des analyses des paramètres physicochimiques réalisées, on a tenté d'établir une classification des eaux minérales naturelles et des eaux de source sélectionnées, pour notre étude.

Cette classification est réalisée :

- Sur la base de la minéralisation, en fonction des valeurs du résidu sec obtenu (**Afssa, 2008**)
- Sur la base de la composition ionique, en fonction des teneurs en cations (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> et K<sup>+</sup>) et des teneurs en anions (chlorures, sulfates, ...) (**Afssa, 2008**)

### 2.3.1 Classification selon la minéralisation (Reggami, 2024)

Classe de l'eau	Les marques d'eau en bouteilles
Eau très faiblement minéralisée (Résidu sec < 50 mg/l)	—
Eau faiblement minéralisée 50 mg/l < résidu sec < 500 mg/l	Youkous et Ain Bouglez
Eau moyennement minéralisée 500 mg/l < résidu sec < 1000 mg/l	Ifri, Guedila, Ouwis et El Kantara
Eau minéralisée 1000 mg/l < résidu sec < 1500 mg/l	—
Eau fortement minéralisée Résidu sec > 1500 mg/l	—

### 2.3.2 Classification selon la composition ionique

Selon cette classification, on constate que pour :

➤ **L'eau chlorurée** ( $\text{Cl}^- > 200 \text{ mg/l}$ ).

Toutes les marques d'eaux en bouteilles étudiées ne sont pas chlorurées, puisque leurs teneurs en chlorures sont inférieures à 200mg/l.

➤ **L'eau calcique** ( $\text{Ca}^{++} > 150 \text{ mg/l}$ )

Toutes les marques d'eau en bouteilles ne sont pas calciques, car leurs teneurs en calcium sont inférieures à 150 mg/l.

➤ **L'eau sodique** ( $\text{Na}^+ > 200 \text{ mg/l}$ )

Toutes les marques n'ont pas cette caractéristique, du fait de leurs teneurs en sodium inférieures à 200 mg/l.

➤ **L'eau pauvre en sodium** ( $\text{Na}^+ < 20 \text{ mg/l}$ )

Youkous, dont la teneur en sodium est égale à 13 mg/l, est la seule marque pauvre en sodium. Elle est, donc, recommandée pour les individus souffrant d'hypertension artérielle, d'insuffisance cardiaque ou rénale, en raison de son action diurétique spécifique.

- **L'eau magnésienne** ( $\text{Mg}^{++} > 50 \text{ mg/l}$ )  
Aucune des marques d'eau en bouteille étudiées ne présente cette caractéristique.
- **L'eau bicarbonatée** ( $\text{HCO}_3^- > 600 \text{ mg/l}$ )  
Aucune des marques d'eau en bouteille étudiées ne présente cette caractéristique.
- **L'eau sulfatée** ( $\text{SO}_4^{2-} > 200 \text{ mg/l}$ )  
Aucune des marques d'eau en bouteille étudiées ne présente cette caractéristique.

## *Conclusion*

## Conclusion

L'eau, qu'elle soit une eau de distribution ou une eau conditionnée, est largement consommée, pour répondre aux besoins de l'homme.

En Algérie, l'exploitation, le conditionnement et la commercialisation des eaux minérales naturelles et des eaux de source sont à l'origine de l'approvisionnement en eau potable, pour une population en constante croissance.

L'essor du commerce des eaux en bouteilles est le résultat de la demande croissante de cette denrée alimentaire. Aujourd'hui, le marché national compte plus d'une centaine de marques, vantant leurs vertus et dont les propriétaires concourent, pour s'imposer sur le marché.

Comme toute denrée alimentaire, l'eau doit répondre à plusieurs critères de qualité, dont les spécifications sont édictées par la réglementation algérienne.

Le modeste travail qui a été accompli, nous a permis, sur la base des résultats obtenus, de faire les remarques suivantes :

- ❖ Les 2 types d'eau étudiés ont une composition physicochimique assez stable, depuis leurs point d'émergence jusqu'au commerce, où ils sont vendus, passant par les conditions de transport et de stockage. Aucune altération dans la composition physicochimique n'a été observée, puisque nos résultats, malgré de faibles variations, sont, approximativement, identiques aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de la bouteille de chaque eau.

De plus, ces résultats démontrent la bonne maîtrise de l'appareillage utilisé et que les analyses physicochimiques ont été réalisées avec une bonne précision et une bonne exactitude, ce qui a prouvé la fidélité des résultats.

- ❖ Les quelques paramètres physicochimiques, de routine, analysés répondent, tous, aux critères de qualité des JORA de 2006 et de 2015. Les valeurs de tous les paramètres étudiés sont inférieures aux valeurs maximales fixées par la réglementation, en vigueur. Ceci nous amène à conclure que les six eaux étudiées sont conformes aux normes algérienne, spécifiques aux eaux minérales naturelles et aux eaux de source.
- ❖ La classification sur la base de la minéralisation, nous a permis d'avancer que les eaux de la marque Youkous (eau minérale naturelle) et de la marque Ain Bouglez (eau de source) sont les moins minéralisées.

Finalement, il est recommandé d'étendre cette étude aux paramètres chimiques que nous n'avons pas pu analyser (notamment, les métaux lourds), ainsi qu'aux paramètres microbiologique, pour établir de façon concrète que ces eaux sont réellement conformes à tous les aspects de la qualité.

## Références bibliographiques

1. Afsaa (2008). Lignes directrices pour l'évaluation des eaux minérales naturelles au regard de la sécurité sanitaire. MAISONS-ALFORT-Cedex, p.23.
2. Arbi Marouane et Aldjoubi Abdelaziz (2019). Étude de la qualité des eaux embouteillées destinées à l'AEP commercialisées au niveau de la région de Ouargla. Mémoire Master. Université Kasdi Merbah-Ouargla.
3. Archer, D. L. (2002). Evidence that ingested nitrate and nitrite are beneficial to health. *Journal of Food Protection*, 65(5), 872-875.
4. Baâlouj Oussama (2016). La production de l'eau minérale à l'entreprise Youkous. Rapport de stage. Département de Génie de procédés. Ecole nationale polytechnique de Constantine.
5. Beaulieu Philippe (2017). L'eau du robinet est-elle source de magnésium et d'autres minéraux. Centre d'information sur l'eau.
6. Beaulieu Philippe (2019). L'eau potable : Sa définition, ses origines, ses critères de potabilité et ses traitements. Le centre d'information sur l'eau.
7. Canada.ca (1995 (a)). La couleur. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique. Santé Canada, p.1-2.
8. Canada.ca (1995 (b)). L'odeur. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique. Santé Canada, p.1-2.
9. Canada.ca (1995 (c)). Le goût. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique. Santé Canada, p.1-4.
10. Canada.ca (2013). Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique. Santé Canada, p.1-2.
11. CEAEQ (2023). Méthode d'analyse : Détermination du pH, de la conductivité et de la turbidité dans l'eau : méthode par titrateur robotisé. Ministère de l'environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parcs. Bibliothèque et archives nationales du Québec, p.1.
12. CEE (2009). 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

13. Chambre syndicale des eaux minérales (2008). L'eau minérale naturelle : Un produit naturel et protégé, une industrie responsable, un emballage recyclable. Livre blanc, p.8.
14. Cholat Bernard (2015). L'eau du robinet est-elle différente du l'eau en bouteille ? Eaumelimelo.org. Graie pole eau et territoires, France.
15. Ciobanu Elianora. (2019). L'eau—élément essentiel de la vie humaine. In Croituro C. et Ciobanu E. (2019). Guide de bonnes pratiques : Nutrition rationnelle, la sureté alimentaire et le changement de comportement alimentaire. Agence Universitaire de la Francophonie-Université d'État de Médecine et Pharmacie « Nicolae Testemitanu », p.29.
16. Codex Alimentarius (1981). Norme pour les eaux minérales naturelles. CXS 108-1981, adopté en 1981. Révisée en 2008. Amendée en 2019.
17. Ducharne A. et Laval K. (2015). Le cycle de l'eau. L'eau à découvert. CNRS Editions. Open Editions Books, p.26-27..
18. Festy, B., Hartemann, P., Ledrans, M., Levallois, P., Payment, P., & Tricard, D. (2003). Qualité de l'eau. Environnement et santé publique-Fondements et pratiques, 333-368.
19. Frenken, Karen (2005). L'Irrigation en Afrique en Chiffres : Enquête Aquastat-2005 : 29 -Rapports de la FAO Sur L'Eau, Vol. 29. Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
20. Grandjean M., 2013.Etude de la réactivité et de l'hydratation des particules obtenues par carbonatation de saumures alcalines. Thèse de Doctorat en géoscience. Université de Lorraine. France
21. Hazzab, A. (2011). Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Comptes rendus. Géoscience, 343(1), 20-31.
22. Hermann M., Biancamaria S. et Roca R. (2015). La répartition spatiale actuelle de l'eau sur Terre. L'eau à découvert. CNRS Editions. Open Editions Books, p.100-101.
23. Jacques Guy (1997). Le cycle de l'eau. Les fondamentaux. Edition Hachette.
24. Jalbă Ruxandra (2022). Le rôle de l'eau dans l'industrie alimentair. In *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor* (Vol. 2, pp. 574-577).
25. JORA (2004). Décret exécutif n° 04-196 du 27 Joumada El Oula 1425, correspondant au 15 juillet 2004, relatif à l'exploitation et la protection des eaux minérales naturelles et des eaux de source. Journal Officiel de la République Algérienne n° 45 du 18 juillet 2004, p.8-16.

26. JORA (2006). Arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions des éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées. Ministère des ressources en eaux. Journal Officiel de la République Algérienne n° 27 du 26 Avril 2006, p.9-12.
27. JORA (2011). Décret exécutif n° 11-219 du 10 Rajab 1432 correspondant au 12 juin 2011 fixant les objectifs de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à l'alimentation en eau des populations. Journal Officiel de la République Algérienne n° 34 du 19 juin 2011, p.6.
28. JORA (2015). Arrêté interministériel du 29 Dhou El Hidja 1435, correspondant au 23 octobre 2014 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 22 Dhou El Hidja 1426, correspondant au 22 janvier 2006 fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux de source ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées. Ministère des ressources en eaux. Journal Officiel de la République Algérienne n° 03 du 27 janvier 2015, p.25-27.
29. Macé Marillys (2024). Le cycle de l'eau : Le voyage de l'eau à travers la terre. Le Centre d'information sur l'eau.
30. Morin-Crini N., Winterton P., Trunfio G., Torri G., Louvard N., Girardot S., Hutinet X., et Crini G. (2017). Paramètres chimiques de l'eau et rejets industriels. Eaux industrielles contaminées : Réglementation, paramètres chimiques et biologiques & procédés d'épuration innovants. Presses universitaires de Franche-Comté, p.103-144. Open Edition Book.
31. OIEau (n.d.). Analyse physico-chimique. Fiche rédigée par l'équipe technique de RéFEA, p 1-4.
32. OMS (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson : 4e éd. Intégrant le premier additif, pages 26-27, 350-431.
33. Rodier J., Legube B., Merlet N. et coll. (2009). L'Analyse de l'eau. Editions Dunod, p.137-109.
34. Roussel Pascal (2017). L'eau douce dans le monde. Responsabilité et environnement. Annales des Mines n°86, p.3.
35. Sandali Belkhir (2021). Les caractères physico-chimiques des eaux minérales (embouteillées) algériennes. Mémoire de Master. Université Kasdi Merbah-Ouargla.
36. Santé Canada (2013). Le nitrate et le nitrite. Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada. Document technique, p.9-12.

37. Santé Canada (2021). Document de conseils sur les aspects liés à la température de l'eau potable, p.2-9.
38. Sekiou F. et Khellil A. (2014). Caractérisation et classification empirique, graphique et statistique multivariable d'eaux de source embouteillées de l'Algérie. Larhyss Journal n°20. Décembre 2014, p. 225-246.
39. Société Suisse de Nutrition (2022). Besoins hydriques et boissons. Savoir plus-manger mieux. Feuilles d'info, pages 1-6.
40. WHO (2007). pH in drinking-water. Revised background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/07.01/1
41. WHO (2009). Calcium and magnesium in drinking water. Public health significance. World Health Organization Library cataloguing-in-Publication data, p 2-4.
42. Zella L., Barouche A. et Amirouche M. (2024). L'eau minérale embouteillée en Algérie : quelles perspectives ? Revue nature et technologie, p.2.

### **Webographie**

1. El Kantara (2018). <http://www.elkantarawater.com/>
2. Guedila (2017). <https://www.guedila.com/produits#/produits>
3. Ifri (n.d.). <https://ifri-dz.com/nos-marques/>
4. Lenntech (2024). pH et alcalinité. <https://www.lenntech.fr/francais/ph-et-alcalinite.htm>
5. Safe Drinking Water Foundation (2017). La température de l'eau. <https://www.safewater.org/french-fact-sheets/2017/2/9/la-temprature-de-l'eau>

## Annexes

### Annexe 1

#### **CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX MINERALES NATURELLES**

**L. - La concentration des substances énumérées  
ci-dessous ne doit pas dépasser les taux ci-après :**

Antimoine	0,005 mg/l
Arsenic	0,05 mg/l, exprimé en As total
Baryum	1 mg/l
Borates	5 mg/l, exprimé en B
Cadmium	0,003 mg/l
Chrome	0,05 mg/l, exprimé en Cr total
Cuivre	1mg/l
Cyanures	0,07 mg/l
Fluorure	5 mg/l, exprimé en F
Plomb	0,01 mg/l
Manganèse	0,1 mg/l
Mercure	0,001 mg/l
Nickel	0,02 mg/l
Nitrates	50 mg/l, exprimé en NO <sub>3</sub>
Nitrites	0,02 mg/l en tant que nitrite

**JORA n° 27 du 26 avril 2006 – Caractéristiques de qualité des eaux minérales naturelles**

Annexe 2 (suite)

ANNEXE II		
CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX DE SOURCE		
CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
<b>1. - Caractéristiques organoleptiques :</b>		
Couleur	Mg/l de platine (en référence à l'échelle platine/cobalt)	au maximum 25
Odeur (seuil de perception à 25° C)	—	au maximum 4
Saveur (seuil de perception à 25° C)	—	au maximum 4
Turbidité	Unité JACKSON	au minimum 2
<b>2. - Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau</b>		
PH	Unité PH	6,5 à 8,5
Conductivité (à 20° C)	µs/ cm	au maximum 2.800
Dureté	Mg/l de Ca CO <sub>3</sub>	100 à 500
Chlorures	Mg/l (Cl)	200 à 500
Sulfates	Mg/l (SO <sub>4</sub> )	200 à 400
Calcium	Mg/l (Ca)	75 à 200
Magnésium	Mg/l (Mg)	150
Sodium	Mg/l (Na)	200
Potassium	Mg/l (K)	20
Aluminium total	Mg/l	0,2
Oxydabilité au permanganate de potassium	Mg/l en oxygène	au maximum 3
Résidus secs après dessiccation à 180° C	mg/l	1.500 à 2.000
<b>3. - Caractéristiques concernant les substances indésirables</b>		
Nitrates	Mg/l de NO <sub>3</sub>	au maximum 50
Nitrites	Mg/l de NO <sub>2</sub>	au maximum 0,1
Ammonium	Mg/l de NH <sub>4</sub>	au maximum 0,5
Azote Kjeldahl	Mg/l en N <sup>(1)</sup>	au maximum 1
Fluor	Mg/l de F	0,2 à 2
Hydrogène sulfuré		Ne doit pas être décelable organoleptiquement
Fer	Mg/l (Fe)	au maximum 0,3
Manganèse	Mg/l (Mn)	au maximum 0,5
Cuivre	Mg/l (Cu)	au maximum 1,5
Zinc	Mg/l (Zn)	au maximum 5
Argent	Mg/l (Ag)	au maximum 0,05

JORA n° 27 du 26 avril 2006 – Caractéristiques de qualité des eaux de source

## Annexe 2

### ANNEXE 1

#### **CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX MINERALES NATURELLES**

I- La concentration des substances énumérées ci-dessous, ne doit pas dépasser les taux ci-après :

- ..... (sans changement)..... ;
- Arsenic 0,01mg/l exprimé en As total ;
- Baryum 0,7mg/l ;
- ..... (sans changement)..... ;
- ..... (sans changement)..... ;
- ..... (sans changement)..... ;
- ..... (sans changement)..... ;
- ..... (sans changement)..... ;
- ..... (sans changement)..... ;
- Manganèse 0,4mg/l ;
- ..... (sans changement)..... ;
- ..... (sans changement)..... ;
- ..... (sans changement)..... ;
- Nitrites 0,1mg/l en tant que nitrite ;
- Sélénium 0,01mg/l.

**JORA n°03 du 27 janvier 2015 – Caractéristiques de qualité des eaux minérales  
naturelles**

## Annexe 2 (suite)

ANNEXE II		
CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX DE SOURCE		
CARACTERISTIQUES – UNITE – CONCENTRATIONS		
<b>1- Caractéristiques organoleptiques :</b>		
– ..... (sans changement)..... ;		
<b>2- Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau :</b>		
– ..... (sans changement)..... ;		
– ..... (sans changement)..... ;		
Chlorures	mg/l(Cl)	maximum 500
Sulfates	mg/l(SO4)	maximum 400
Calcium	mg/l(Ca)	maximum 200
Magnésium	mg/l(Mg)	maximum 150
Sodium	mg/l(Na)	maximum 200
Potassium	mg/l(K)	maximum 20
Aluminium total	mg/l	maximum 0,2
Oxydabilité au permanganate de potassium	mg/l en oxygène	maximum 3
Résidus secs après dessiccation à 180°C	mg/l	maximum 2,000
<b>3- Caractéristiques concernant les substances indésirables</b>		
Nitrates	mg/l de N03	maximum 50
Nitrites	mg/l de N02	maximum 0,1
Ammonium	mg/l de NH4	maximum 0,5
Fluor	mg/l de F	maximum 2

JORA n°03 du 27 janvier 2015 – Caractéristiques de qualité des eaux de source

