



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^{elle} Hannachi Aya

Soutenu devant le jury :

Présidente : M^{me} Samar Nedjma MAA Université Chadli Bendjedid-El-Tarf

Examinatrice : M^{me} Benrachou Nora MCA Université Chadli Bendjedid-El-Tarf

Promotrice : M^{me} Bencheikh Amel MAA Université Chadli Bendjedid-El-Tarf

Année universitaire : 2024-2025





Dédicace

Ce modeste travail est dédié,

A mes chers parents, que je ne pourrai jamais assez les remercier

*Durant toutes ces années d'étude, vous avez cru en moi
Si je suis arrivée ici, ce n'est que grâce à vos encouragements et vos prières.
Le mot merci ne suffirait pas et je ne saurais jamais vous récompenser assez.
Ce fruit de mon labeur, vous est offert, en guise de ma profonde affection et mon
éternelle reconnaissance, pour votre amour, confiance, compréhension et patience
envers moi.*

*A ma seule et unique sœur Rania
Ta présence à mes côtés et ton soutien permanent m'ont insufflé dynamisme et
ténacité à aller de l'avant dans mon projet. Que Dieu t'accorde longue vie et la
comble de bonheur.*

*À mon cher oncle, symbole de tendresse et de soutien,
Je dédie ce modeste travail, en signe de gratitude. Qu'Allah vous récompense et
vous comble de ses bienfaits.*

*A ma grand-mère, envers qui ma dévotion découle de mon profond amour et de
ma gratitude éternelle, pour sa tendresse et ses soins.*

*A Yasmin,
Pour ses efforts à mes côtés et sa patience, malgré les difficultés que je lui ai
causées. Trouve, ici, le témoignage de ma profonde gratitude et ma fidélité.*

*A ma chère tante Souhaila,
Merci pour ton soutien et ton amour constant*

*A mes amis qui m'ont accompagnés durant mon parcours : Anis , Hana , Ikram ,
Abdelrahman , ikram , Imene , Abir , Wiam et Amira.
Merci d'avoir été, toujours, présents !*

Aya



Remerciements

Tout d'abord, Merci au bon Dieu de m'avoir guidé vers le bon chemin, celui de la science, de m'avoir donné la santé, la volonté et la motivation, pour mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier, vivement, M^{me} Bencheikh Amel, qui a su encadrer avec rigueur ce travail de fin d'études.

Qu'elle trouve ici l'assurance de mon sincère reconnaissance et de ma profonde admiration, pour son dévouement au travail, sa disponibilité et sa patience, qualités qui m'ont profondément marquées.

Mes remerciements vont, également, à mesdames les membres du jury qui ont bien voulu consacrer un peu de leur précieux temps, à la lecture et à l'évaluation de ce travail :

Ma profonde gratitude à M^{me} Semmar Nedjma, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Mes chaleureux remerciements à M^{me} Benrachou Nora, pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Ce travail n'a pu voir le jour, sans l'amabilité de Mr Djebaili Mourad, Directeur de ressources humaines du complexe FERTIAL, qui m'a accordé le bénéfice d'accéder au Laboratoire de contrôle de qualité.

Ma profonde reconnaissance et mon estime vont à M^{me} Alleg Lilia, ma tutrice de stage, qui n'a ménagé aucun effort, pour m'initier aux techniques d'analyses physicochimiques. Sa gentillesse, sa disponibilité et son professionnalisme forcent le respect.

Ma sincère reconnaissance est exprimée à toutes et à tous les enseignant(e)s de la Faculté S.N.V., en particulier celles et ceux du Département des sciences agronomiques, qui ont veillé à ma formation scientifique, tout au long de mon cursus universitaire.

Finalement, mes remerciements sont adressés à toute personne qui, d'une manière ou d'une autre, a contribué à la réalisation de ce travail. Veuillez trouver, ici, l'expression de ma profonde et sincère gratitude.



Aya

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, confirmant sa potabilité, son innocuité et sa salubrité.

Ce modeste travail a pour but d'étudier la qualité physicochimique de quatorze marques d'eau en bouteilles : 7 marques d'eaux minérales naturelles (Guedila, Ifri, Lella Khedidja, Youkous, Thevest, Messerghine et Texanna) et 7 marques d'eaux de source (Noua, Besbassa, Ain Bouglez, Djemorah, Aurès, Righia et Arwa).

A cet effet, plusieurs paramètres physicochimiques ont été analysés : pH, conductivité, TH (dureté), nitrites, chlorures, sulfates, nitrates, TA, TAC et cations (Na^+ et K^+).

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

Les résultats obtenus ont, également, démontré une bonne qualité physicochimique, pour toutes les eaux étudiées, du fait de leur conformité aux normes de qualité régis par la réglementation algérienne en vigueur.

Ces résultats nous ont permis de conclure que les eaux « Ain Bouglez et Righia » sont des eaux très douces, alors que les eaux « Ifri, Thevest, Noua et Aurès » sont des eaux très dures.

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, confirming its potability, safety, and wholesomeness.

This modest work aims to study the physicochemical quality of fourteen types of bottled water : 7 of natural mineral waters (Guedila, Ifri, Lella Khedidja, Youkous, Thevest, Messerghine and Texanna) and 7 of spring waters (Noua, Besbassa, Ain Bouglez, Djemorah, Aurès, Righia and Arwa).

To this end, several physicochemical parameters were analyzed : pH, conductivity, TH, chlorides, sulfates, nitrates, nitrites, TA, TAC and cations (Na^+ and K^+).

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 standards in conformity with the Algerian rules.

These results allowed us to conclude that the "Ain Bouglez and Righia" waters are very soft, while the "Ifri, Thevest, Noua and Aurès" waters are very hard..

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، تؤكد صلاحيتها للشرب و سلامتها. يهدف هذا العمل المتواضع إلى دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية لأربعة عشر نوع من المياه المعبأة : 7 أنواع من المياه المعدنية الطبيعية (قديلة، افري، لالة خديجة ، يوكوس ، تيفيست ، مسرعين و تاكسنة) و 7 أنواع من مياه الينابيع (نوة بسباسة، عين بوغليز، جمورة، اوراس، ريغية و اروئ)

لهذا الغرض، تم تحليل العديد من العوامل الفيزيائية والكيميائية: الرقم الهيدروجيني، الصلابة، الموصلية، السولفات TA, TAC, Na+, K+ النترينات, الكلوريدات و النترات

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 الجزائرية المعمول بها.

هذه النتائج سمحت لنا أن نستنتج أن مياه "عين بو قلاز و ريغية" هي مياه جد لينة، في حين أن مياه "افري، تيفيست، نوة و اوراس" هي مياه جد صلبة

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

Liste des figures

Figure 1 : Répartition de l'eau sur terre	3
Figure 2 : Niveaux de stress hydrique	5
Figure 3 : Le grand cycle de l'eau.....	6
Figure 4 : Evolution de la consommation des eaux embouteillées en Algérie	25
Figure 5 : Le pH-mètre.....	30
Figure 6 : Le conductimètre	31
Figure 7 : Détermination du titre hydrotimétrique (dureté de l'eau)	33
Figure 8 : Détermination du titre alcalimétrique (TA).....	34
Figure 9 : Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)	36
Figure 10 : Dosage des chlorures	37
Figure 11 : Le Réactif NitraVer 5	38
Figure 12 : Le spectrophotomètre	38
Figure 13 : Le réactif NitraVer 2.....	39
Figure 14 : Le réactif SulfaVer 4	40
Figure 15 : Le spectrophotomètre d'émission de flammes	42
Figure 16 : Eau Guedila- Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	45
Figure 17 : Eau Ifri- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	46
Figure 18 : Eau Lella Khedidja- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	48
Figure 19 : Eau Youkous- Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	49
Figure 20 : Eau Thevest- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	51
Figure 21 : Eau Messerghine- Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	52
Figure 22 : Eau Texanna- Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	54
Figure 23 : Eau Noua- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	55
Figure 24 : Eau Besbassa- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	56
Figure 25 : Eau Ain Bouglez- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	58
Figure 26 : Eau Djemorah- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	59
Figure 27 : Eau Aurès- Comparaison des résultats avec l'étiquetage.....	60
Figure 28 : Eau Righia- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	62
Figure 29 : Eau Arwa- Comparaison des résultats avec l'étiquetage	63
Figure 30 : Résultats de la teneur en sulfates	64
Figure 31 : Résultats de la teneur en chlorures	65
Figure 32 : Résultats de la teneur en nitrates	66

Figure 33 : Résultats de la teneur en nitrites	67
Figure 34 : Résultats de la teneur en potassium	68
Figure 35 : Résultats de teneur en sodium	69
Figure 36 : Résultats de l'analyse du pH	70
Figure 37 : Résultats de l'analyse de la conductivité.....	71
Figure 38 : Résultats de l'analyse du TAC	72
Figure 39 : Résultats de l'analyse du TH.....	73

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classes de turbidité usuelles (NTU)	12
Tableau 2 : Classification des eaux selon la dureté totale.....	16
Tableau 3 : Résultats des analyses physicochimiques	43
Tableau 4 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Guedila	44
Tableau 5 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ifri.....	46
Tableau 6 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Lella Khedidja ...	47
Tableau 7 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Youkous.....	49
Tableau 8 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Thevest	50
Tableau 9 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Messerghine	52
Tableau 10 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Texanna	53
Tableau 11 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Noua	55
Tableau 12 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Besbassa	56
Tableau 13 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ain Bouglez.....	57
Tableau 14 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Djemorah.....	59
Tableau 15 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Aurès	60
Tableau 16 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Righia	61
Tableau 17 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Arwa	63

Liste des abréviations

Afssa : Agence française de sécurité sanitaire des aliments.

% : Pourcentage

°C : Degré Celsius

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

m³ : Mètre cube

Mg : Milligramme

min : Minute

NaCl : Chlorure de sodium

nm : Nanomètre

OMS : Organisation mondiale de santé

PET : Polyéthylène téréphtalate

SPA : Société par action

T° : Température

V : Volume

WHO : World health organization

Sommaire

Résumé.....	i
Abstract	iv
الملخص	v
Liste des figures	vi
Liste des tableaux	viii
Liste des abréviations	ix
Introduction	1

Synthèse bibliographique : Généralités sur l'eau

1 L'eau	3
1.1 Répartition sur terre	3
1.2 Cycle de l'eau	5
1.3 Importance de l'eau	6
1.3.1 Importance de l'eau dans l'organisme humain	6
1.3.2 Importance de l'eau dans l'agriculture :	7
1.3.3 Importance de l'eau dans l'industrie :	8
2 Eau potable – Eau de consommation	8
2.1 Les types d'eau potable	9
2.1.1 Eau du robinet	9
2.1.2 Eau minérale naturelle (EMN)	9
2.1.3 Eau de source	10
3 Qualité de l'eau de consommation.....	11
3.1 Qualité organoleptiques	11
3.1.1 Couleur	11
3.1.2 Odeur.....	12
3.1.3 Goût.....	12
3.1.4 La turbidité	12
3.2 Qualité microbiologique	12
3.2.1 Les germes aérobies revivifiables :	13
3.2.2 Les coliformes	13
3.2.3 Entérocoques du groupe D	14
3.2.4 Clostridium sulfito- réducteurs :	14
3.3 Qualité physicochimique	15

3.3.1	Paramètres physique.....	15
3.3.1.1	Potentiel Hydrogène (pH).....	15
3.3.1.2	Conductivité électrique (CE).....	15
3.3.1.3	Dureté	15
3.4	Paramètres chimiques	16
3.4.1.1	Chlorures (Cl-).....	16
3.4.1.2	Sulfates	16
3.4.1.3	Nitrates.....	16
3.4.1.4	Nitrites	17
3.4.1.5	Alcalinité (TA et TAC).....	17
3.4.1.5.1	Carbonates	17
3.4.1.5.2	Bicarbonates	18
3.4.1.6	Calcium.....	18
3.4.1.7	Sodium.....	18
3.4.1.8	Potassium.....	19
3.4.1.9	Magnésium	19
3.4.1.10	Résidu sec	19
3.4.1.11	Substances toxiques	20
3.4.1.11.1	Arsenic	20
3.4.1.11.2	Cadmium.....	20
3.4.1.11.3	Plomb.....	21
3.4.1.11.4	Cyanure.....	21
3.4.1.11.5	Chrome total	21
3.4.1.11.6	Mercure.....	21
3.4.1.11.7	Sélénium	22
3.4.1.11.8	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A)	22
4	Processus d'exploitation des eaux en bouteilles	22
4.1	Dans le monde	22
4.2	En Algérie.....	23
5	Consommation de ces eaux en bouteilles	24
5.1	Dans le monde	24
5.2	En Algérie.....	24

Partie pratique

1	Analyses physicochimiques	30
---	---------------------------------	----

1.1	Détermination du potentiel hydrogène (pH).....	30
1.2	Détermination de la Conductivité.....	31
1.3	Détermination de la dureté - Titre hydrotimétrique (TH) –.....	32
1.4	Détermination du titre alcalimétrique (TA).....	33
1.5	Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)	35
1.6	Dosages des chlorures	36
1.7	Dosage des nitrates (NO_3^-)	38
1.8	Dosage des nitrites (NO_2^-).....	39
1.9	Dosage des sulfates (SO_4^{2-})	40
1.10	Détermination des cation (Na^+ , k^+).....	41
2	Résultats et discussion	43
2.1	Composition chimique.....	44
2.1.1	Comparaison des résultats des analyses avec les valeurs des étiquetages	44
2.1.1.1	Guedila.....	44
2.1.1.2	Ifri	45
2.1.1.3	Lella khedidja	47
2.1.1.4	Youkous.....	48
2.1.1.5	Thevest.....	50
2.1.1.6	Messerghine.....	51
2.1.1.7	Texanna	53
2.1.1.8	Noua.....	54
2.1.1.9	Besbassa.....	56
2.1.1.10	Ain Bouglez	57
2.1.1.11	Djemorah.....	58
2.1.1.12	Aurès	60
2.1.1.13	Righia.....	61
2.1.1.14	Arwa.....	62
2.2	Composition physicochimique	64
2.2.1	Sulfates	64
2.2.2	Chlorures	65
2.2.3	Nitrates	66
2.2.4	Nitrites.....	67
2.2.5	Potassium	68
2.2.6	Sodium	69

2.2.7	Potentiel hydrogène (pH)	70
2.2.8	Conductivité électrique	71
2.2.9	Titre Alcalimétrique Complet (TAC).....	72
2.2.10	Titre hydrotimétrique	72
2.2.11	Titre alcalimétrique (TA)	73
2.3	Classification des eaux analysées	73
2.3.1	Classification selon la composition ionique.....	74
2.3.2	Classification selon le titre hydrotimétrique (TH) ou dureté	74
Conclusion.....		76
Références bibliographiques		78
Annexes		82

Introducción

Introduction

L'eau est « la marque distinctive de notre planète ». C'est un élément précieux qui, dans le contexte des religions et des convictions, représente la vie, la naissance et la régénération. Elle purifie le corps, en lui conférant une certaine pureté. Ces deux attributs lui donnent une nature sacrée. **(blanchon et al ,2013)**

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'homme a besoin de deux litres et demi d'eau par jour. Cet aliment est indispensable à sa survie et au maintien, en équilibre, de toutes les fonctions vitales de son organisme. Elle lui permet de s'hydrater, de se rafraîchir, ou encore de se purifier et de se minéraliser, apportant les nutriments essentiels et préservant l'équilibre électrolytique délicat au sein des cellules **(Euzen et al ,2013)**

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, eau souterraine pure, caractérisée par sa composition chimique stable, riche en minéraux et en oligo-élément et microbiologiquement saine.
- L'eau de source, eau souterraine pure, microbiologiquement saine, mais possédant une composition minérale, qui n'est pas, obligatoirement stable.

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

En Algérie, l'industrie de l'eau en bouteille a connu ces dernières années une expansion remarquable, résultat de l'établissement de nombreuses installations d'exploitation et de production, sur tout le territoire national. **(Kaci et Abtroun, 2013)**

Ainsi, n'étant plus un luxe, la consommation de l'eau en bouteille a connu une hausse considérable, du fait d'une demande de plus en plus forte, d'une population en constante croissance. **(Farch, 2017)**

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

Pour garantir l'innocuité et la salubrité de ces eaux 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, de la qualité microbiologique, ou de la qualité physicochimique.

C'est dans la perspective du suivi de ces critères de qualité, qu'a été menée notre étude, réalisée au Laboratoire de contrôle de qualité du Complexe FERTIAL.

Notre travail s'est basé sur le choix aléatoire de quatorze (14) marques d'eaux en bouteille, commercialisées dans la wilaya d'El-Tarf, dont une moitié est de l'eau minérale naturelle et l'autre moitié est de l'eau de source.

Ce travail est divisé en deux parties :

Une première partie, qui est 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 recherche du critère de stabilité de la composition chimique de chaque eau étudiée, par comparaison des résultats obtenus avec l'étiquetage, figurant sur la chaque bouteille sélectionnée.
- La recherche de la conformité des résultats obtenus, pour les quelques paramètres physicochimiques analysés, avec les exigences normatives algériennes, mentionnées dans les journaux officiels de la république algérienne et destinées aux eaux minérales naturelles et aux de source.

Finalement, on a tenté d'établir le classement des ces eaux, sur la base de deux critères chimiques : la composition ionique et la dureté.

Synthèse bibliographique

Généralités sur l'eau

1 L'eau

L'eau est une molécule formée par des liaisons covalentes de deux atomes d'hydrogène (H) et d'un atome d'oxygène (O), dont la formule chimique est H₂O. L'eau est une molécule polaire, car la différence d'électronégativité entre l'oxygène et l'hydrogène crée un dipôle, avec une charge partielle négative sur l'oxygène et une charge partielle positive sur les hydrogènes. La polarité de cette molécule d'eau favorise la formation de liaisons hydrogène entre elles, ce qui explique ses caractéristiques particulières telles que sa capacité à dissoudre de nombreuses substances, son point d'ébullition élevé et sa tension superficielle élevée. (ONU, 2023)

1.1 Répartition sur terre

La Terre est connue sous le nom de planète bleue car elle est visible depuis l'espace en raison de sa surface couverte d'eau à 70 %. Cependant, malgré l'abondance de l'eau, l'eau douce ne représente que 2,53 % de l'ensemble de l'eau de la planète, et seule cette eau soutient la vie sur Terre, en particulier la vie humaine (Fig.1).

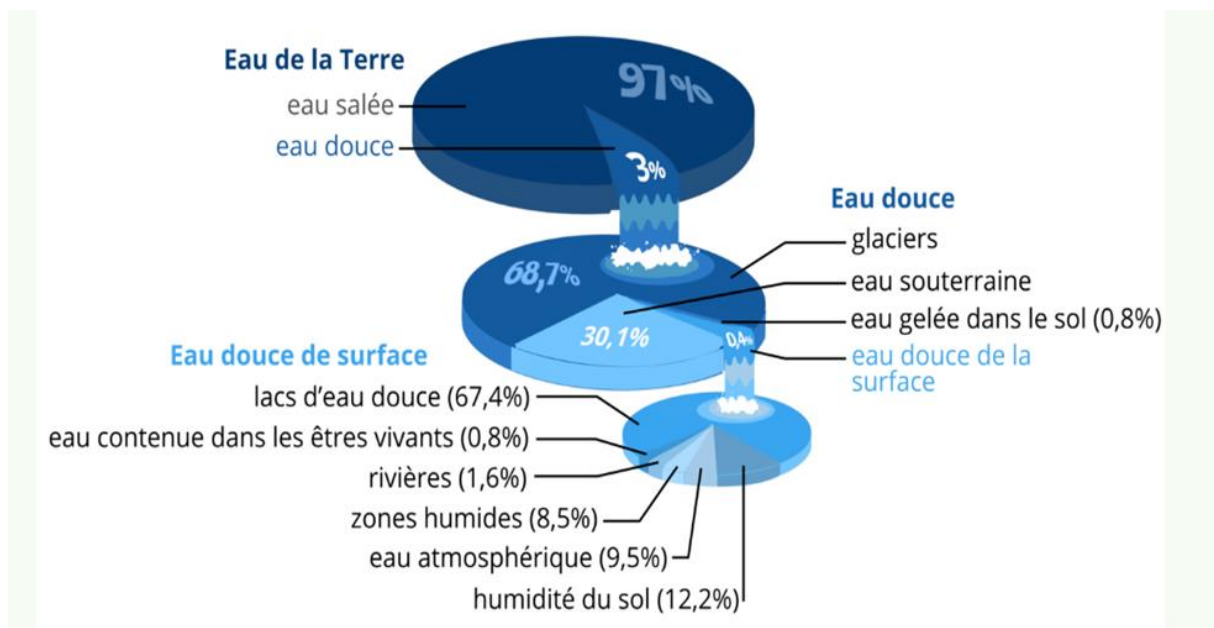


Figure 1 : Répartition de l'eau sur terre (OIEau, 2017)

Ainsi, l'eau douce est un bien rare et précieux qui, en cas de contamination, peut ne plus être en mesure de répondre à ses diverses fonctions écologiques. Cependant, l'homme s'empare d'une part importante de l'eau douce, la retire des écosystèmes terrestres dont nous avons tant besoin, la rend inaccessible, y compris pour notre propre utilisation, et la pollue. Dans cette situation, il est essentiel de connaître la répartition de l'eau sur Terre et ses proportions. (Lefevre,2013)

La Terre renferme un volume total d'eau de 1,4 milliards de km³ ou 1,4 billions de m³ (1,4.10¹² m³). L'eau douce représente 2,53 % de ce volume, soit 35 millions de km³ (ou 35 Gm³) (voir tableau ci-dessous). L'eau de la planète est en grande partie salée et se trouve dans les diverses mers et océans. L'eau salée est également présente dans des aquifères souterrains (1 %) et dans des lacs (0,006%). **(Lefevre ,2013)**

L'eau sur Terre se divise principalement en deux catégories : l'eau salée et l'eau douce. L'eau salée, qui se trouve principalement dans les océans et les mers, représente 97,5 % de l'eau totale sur Terre.

En revanche, l'eau douce, qui représente seulement 2,5 % de l'eau totale, est une ressource bien plus limitée. Une grande partie de l'eau douce est cependant inaccessible, car elle stockée sous forme solide dans les glaciers et la glace. L'Antarctique détient 61,7 % de l'eau douce de la Terre, suivie du Groenland avec 6,7 %. Les glaciers montagneux contiennent 0,12 % de l'eau douce, tandis que 0,86 % se trouve dans le pergélisol et les sous-sols. Ces réserves sont non renouvelables et sont souvent considérées comme de l'eau "fossile", car elles ne peuvent pas être régénérées par le cycle de l'eau. En revanche, une partie de l'eau douce est accessible. Environ 30 % de l'eau douce se trouve dans les aquifères, dont une portion est renouvelable, surtout si ces aquifères sont alimentés par des rivières ou des écoulements. Une petite fraction d'eau douce se trouve également dans les rivières (0,006 %), dans les sols sous forme d'humidité (0,047 %) et dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau (0,04 %). Ces sources sont renouvelables, mais leur disponibilité peut fluctuer en fonction des conditions climatiques

Ainsi, bien que l'eau douce représente une proportion minimale de l'eau sur Terre, elle est d'une importance capitale. Cependant, elle est souvent inégalement répartie, et certaines régions du monde sont particulièrement vulnérables à la pénurie d'eau. Ces zones comprennent le nord et le sud de l'Afrique, certaines parties de l'Asie, notamment l'Inde, et le Proche-Orient. Ces régions connaissent des défis importants liés à la gestion de l'eau douce, notamment à cause de l'accès limité à des ressources en eau renouvelable. **(Lefevre, 2013) (Fig.2)**

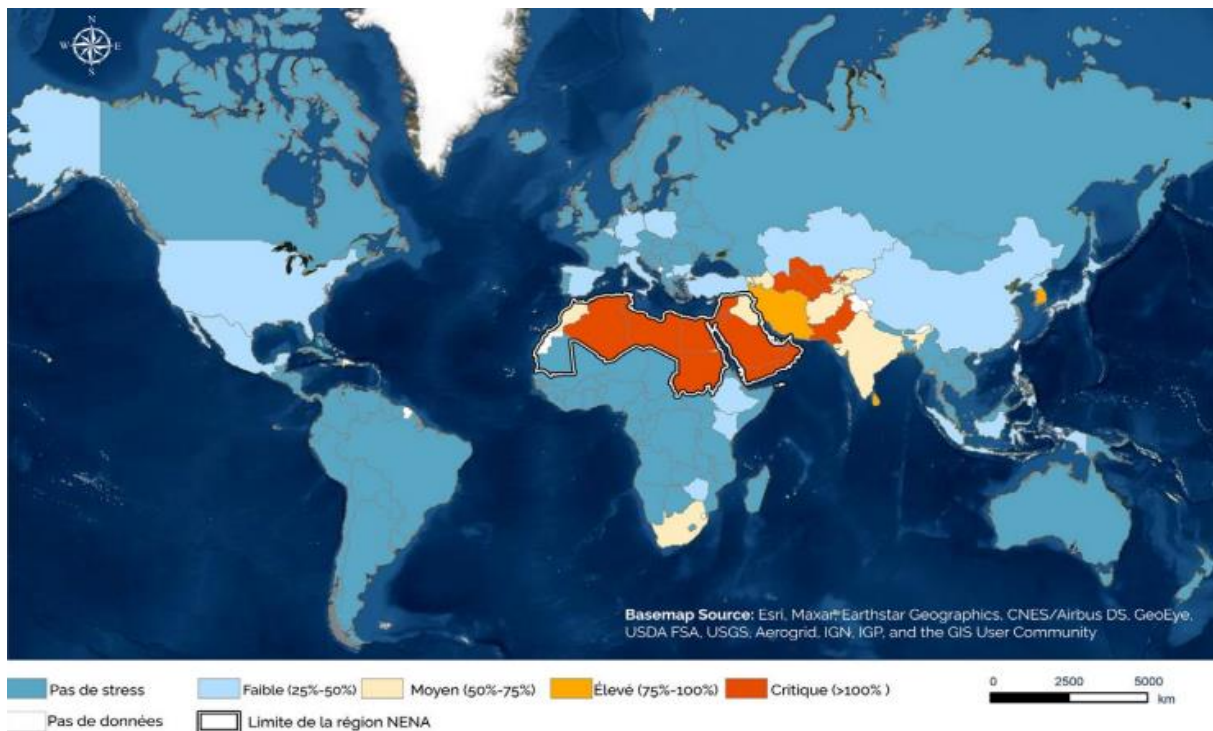


Figure 2 : Niveaux de stress hydrique
 ODD 6.4.2- Année 2021 (FAO, 2023)

1.2 Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau se distingue par une grande diversité en termes d'espace et de temps. À l'échelle mondiale, les océans occupent une place prépondérante, recevant environ 80 % des précipitations et contribuant à 86 % de l'évaporation terrestre. En conséquence, l'océan transporte la vapeur d'eau vers l'atmosphère. Une partie de cette vapeur est ensuite transférée par convection vers les continents, contribuant ainsi à 20 % des précipitations continentales. À la surface, les précipitations se divisent en quatre éléments : le stockage de l'eau dans le sol, l'évaporation (60 % des précipitations), le drainage souterrain et le ruissellement. Ces éléments forment le débit des rivières (représentant respectivement 25 % et 15 % des précipitations) ou alimentent les nappes souterraines (**Fig.3**).

Le ruissellement et les mouvements des rivières vers les océans sont les principaux mécanismes garantissant la préservation globale de l'eau, compensant ainsi les pertes dues à l'évaporation. En raison du nombre limité de mesures disponibles, les variations spatio-temporelles des composantes du bilan hydrique à l'échelle mondiale sont inégales dans l'espace et dans le temps. Les mesures de l'évaporation et du contenu en eau du sol sont locales, peu nombreuses et récentes, tandis que les mesures des précipitations et des débits, plus anciennes et plus nombreuses, permettent d'élaborer des climatologies plus solides, notamment en se basant sur

les estimations du ruissellement spatialement distribuées sur de vastes bassins versants et à des échelles temporelles saisonnières. (Florence et al, 2005)

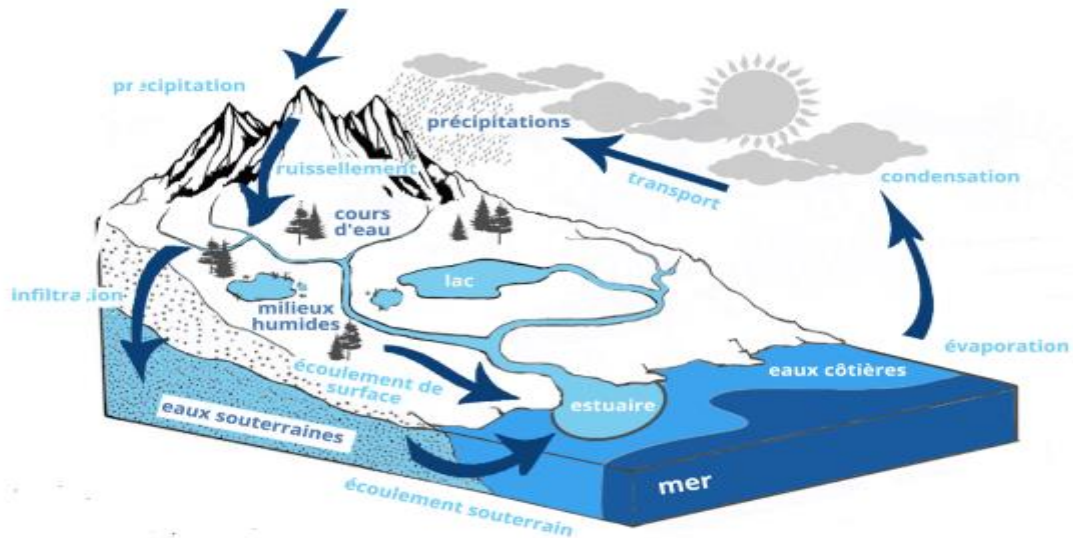


Figure 3 : Le grand cycle de l'eau (IFPEN, 2025)

1.3 Importance de l'eau

1.3.1 Importance de l'eau dans l'organisme humain

L'eau est une nécessité essentielle sans laquelle il n'est pas possible de vivre. Son existence est essentielle pour l'homme, les plantes et les animaux. Lorsque l'approvisionnement est suffisant pour permettre aux habitants de vivre sainement et confortablement, cela joue un rôle essentiel dans le progrès des communautés.

Ce nutriment essentiel est l'élément essentiel du corps humain, car il constitue environ les deux tiers du poids corporel. Le corps d'un adulte de 80 kg contient entre 50 et 60 litres d'eau. L'eau favorise tous les échanges nutritifs à l'intérieur des cellules et entre les cellules présentes dans nos divers organes. Même les influx nerveux nécessitent un milieu aqueux afin de favoriser les échanges d'ions et de particules électriques. Comme dans le climat terrestre, l'eau agit comme un régulateur de notre température intérieure. Nous sommes tous impliqués dans le cycle de l'eau qui nous relie, par le sang, le liquide rachidien et le liquide amniotique. L'eau joue un rôle essentiel dans nos fonctions biologiques. Elle permet de dissoudre et de transporter les aliments et les carburants (énergie) à travers notre corps et nos voies métaboliques. La purification de

nos cellules, leur élimination des déchets et le remplissage de tout notre système vital, du liquide rachidien au liquide amniotique, est essentiel.

L'eau liquide est la seule substance capable de dissoudre les nutriments afin de les transporter vers les cellules et de les débarrasser des métabolites et des impuretés. Il est impossible de concevoir ce rôle essentiel sans la notion de salubrité. Si l'eau doit être fournie en quantités adéquates, elle doit aussi être saine et pure, car elle est connue comme le moyen le plus répandu et le plus important de la propagation des maladies. Dans cette optique, l'eau constitue un enjeu majeur pour l'hygiène publique. **(Frantzy, 2017)**

1.3.2 Importance de l'eau dans l'agriculture :

L'agriculture pluviale (non irriguée) repose entièrement sur l'eau de pluie stockée dans le sol. Il est impossible de pratiquer ce genre d'agriculture que dans les régions où la distribution des précipitations permet au sol de maintenir une humidité adéquate pendant les périodes clés de la croissance des plantes cultivées. Environ 60% de la production des pays en développement provient de l'agriculture non irriguée. Dans ce genre d'agriculture, la manière dont les terres sont gérées peut avoir un impact significatif sur le rendement des cultures : une préparation adéquate des terres qui permet au ruissellement de surface de s'infiltrer près des racines favorise davantage la préservation de l'humidité du sol. Différentes méthodes de collecte d'eau peuvent jouer un rôle dans la rétention de l'eau sur place. Outre la fourniture d'eau supplémentaire aux cultures, l'eau récupérée peut aider à reconstituer les réserves d'eau souterraine et à diminuer l'érosion du sol. D'autres approches impliquent la collecte des eaux de ruissellement dans le sol ou dans des lacs ou barrages de retenue afin de les utiliser pendant les périodes de sécheresse. Dernièrement, les techniques de l'agriculture de conservation comme les aratoires antiérosives ont prouvé leur efficacité pour maintenir l'humidité du sol de manière plus efficace. Il y a peu de possibilités d'amélioration du rendement de l'agriculture non irriguée, car les précipitations sont sujettes à des fluctuations saisonnières et interannuelles importantes. Les agriculteurs sont découragés d'investir dans les intrants, que ce soit les fertilisants, les variétés à haut rendement ou les moyens de lutte contre les ravageurs, en raison du risque élevé de perte de rendements ou de perte totale des récoltes lors des périodes sèches et sécheresses. Pour les agriculteurs des régions semi-arides qui ont peu de ressources, l'essentiel est de garantir la nourriture de leur foyer jusqu'à la prochaine récolte. En utilisant des variétés solides, résistantes à la sécheresse mais à faible rendement, ils peuvent parvenir à cet objectif. Le génie génétique n'a pas encore développé de variétés qui résistent à la sécheresse et qui produisent des rendements élevés, ce qui représente une tâche complexe car pour la plupart des plantes cultivées, la résistance à la sécheresse est associée à des rendements faibles. **(FAO, 2004)**

1.3.3 Importance de l'eau dans l'industrie :

L'industrie comprend une variété d'utilisations de l'eau, aussi bien en quantité qu'en qualité. L'abondance et la qualité de l'eau sont souvent des éléments qui incitent à l'installation d'industries près des cours d'eau. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau permettent d'effectuer de nombreuses opérations : lavage d'objets, de récipients, de canalisations, de sols d'ateliers, chauffage ou refroidissement d'objets, réaction chimique en milieu aqueux, transport d'objets par canalisations... Selon les pays et les secteurs d'activité, cette consommation d'eau diffère : toute l'eau utilisée par l'industrie n'est pas nécessairement utilisée, elle peut parfois être rejetée dans l'environnement après avoir été utilisée. Les secteurs de la transformation sont les plus exigeants en termes d'eau. L'eau industrielle nécessite une qualité spécifique en fonction de l'activité : les industries agroalimentaires (IAA) nécessitent une eau potable ; les industries électronique, médicale et biotechnologique nécessitent une eau ultra-pure.

L'utilisation industrielle de l'eau augmente également en fonction des revenus des pays. Elle s'élève de 10 % dans les pays à faible revenu à près de 60 % dans les pays à haut revenu. De plus, les normes de protection des ressources et de l'environnement (normes de rejet, taxes...) s'ajoutent pour imposer aux industriels une gestion de l'eau de plus en plus stricte, qui nécessite de plus en plus souvent des utilisations en cascade et/ou des systèmes de recyclage ou de réutilisation, que ce soit au sein d'un atelier ou de l'ensemble d'un site industriel. Cela explique les grandes disparités observées dans les prélèvements d'eau d'un site à l'autre. **(Cheret, 2017)**

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, 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 qu'en acides peu minéralisés, sont, toutefois, exposées aux contaminants, requérant plusieurs procédés de désinfection.

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.

Pour assurer une consommation sûre et saine de cette eau, elle 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. Son contenu doit être dépourvu de substances en suspension, de micro-organismes et de substances toxiques. Les niveaux de minéraux recommandés, différents d'un pays à un autre, ont une concentration maximale à ne jamais dépasser, pour assurer une eau équilibrée et plaisante à boire.

La surveillance, la protection et la gestion des sources d'eau sont primordiales, pour parer la survenue de maladies transmissibles par l'eau (choléra, diarrhée, dysenterie, hépatite A, fièvre typhoïde et poliomyélite) et pour assurer, à long terme, la durabilité de l'eau potable et de sa qualité, pour les générations à venir. **(OMS, 2017)**

2.1 Les types d'eau potable

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

2.1.1 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 Eau minérale naturelle (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, 2015)

Selon sa teneur en gaz carbonique (CO₂), l'eau minérale naturelle est classée en les groupes suivants, qui doivent être, obligatoirement, mentionnés sur l'étiquetage :

Eau minérale naturelle non gazeuse, eau minérale naturelle gazeuse, eau minérale naturelle gazéifiée, eau minérale naturelle dégazéifiée et eau minérale naturelle renforcée en gaz carbonique. (Codex Alimentarius, 1981)

2.1.3 Eau 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 (CO₂), 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 CO₂, juste avant l'opération de l'embouteillage, de réincorporation de gaz carbonique ou de dégazéification (retrait de CO₂), par des procédés exclusivement, physiques inertes (pas de traitement chimique). **(JORA, 2004), (Hazzab, 2011)**

3 Qualité de l'eau de consommation

3.1 Qualité organoleptiques

Ces différents caractères doivent être appréciés au moment du prélèvement : certaines odeurs peuvent, par exemple, disparaître pendant le transport, ou l'aspect de l'échantillon se modifier au cours du stockage (apparition d'une coloration, de précipités,...etc).

3.1.1 Couleur

Une eau potable ne doit pas présenter de couleur. Cependant, la coloration de celle-ci est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration **(Rodier et al, 2009)**.

La couleur des eaux souterraines est due, généralement, à des substances colorées d'origines variées :

- Des Substances humiques ou fulviques provenant de la décomposition de la matière végétale ;

- D'algues pouvant donner une coloration variable en fonction des pigments qu'elles contiennent ;

- Des Substances minérales, en particulier le fer et le manganèse, dont les formes précipitées sont colorées. **(Rejsek, 2002).**

3.1.2 Odeur

Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés : amines, ammoniac, mercaptans, etc. Mais la molécule qui pose le plus de problèmes est généralement l'hydrogène sulfuré (H₂S). **(Rodier et al., 2009).**

3.1.3 Goût

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs **(Rodier et al, 2009).**

3.1.4 La turbidité

La turbidité est due aux particules colloïdales en suspension dans l'eau, quand on sait que la majorité des toxiques, tant minéraux qu'organiques sont absorbés à 90% en moyenne, sur les matières en suspensions et colloïdales, on comprend l'importance de la turbidité **(Bara, 2016).**

Tableau 1 : Classes de turbidité usuelles (NTU)
(Graindorge et Landot, 2003)

NTU<5	Eau claire
5<NTU<30	Eau légèrement trouble
NTU>50	Eau trouble

3.2 Qualité microbiologique

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes soit, ce qui est souvent plus aisé, celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre souvent présentes dans l'intestin des mammifères et sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. On peut noter

que l'absence de contamination fécale ne laisse en rien présager l'absence d'espèces potentiellement pathogènes (exemple : légionnelles, Pseudomonas...), (Rodier et al, 2009).

3.2.1 Les germes aérobies revivifiables :

Selon la norme NF EN ISO 6222, les germes revivifiables, également appelés mésophiles aérobies, sont définis comme toutes les bactéries aérobies, levures ou moisissures capables de former des colonies dans un milieu spécifié à des températures de 22 ± 4 °C pendant 68 ± 4 heures et à 36 ± 2 °C pendant 44 ± 4 heures.

Parmi les bactéries qui se développent dans les conditions décrites par cette norme, on peut distinguer deux catégories sur le plan de l'hygiène :

Les microorganismes se développent à 22°C qui sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau

Les microorganismes se développant à 37°C, température du corps humain, qui provient de l'homme ou d'animaux à sang chaud. Même s'il ne s'agit pas forcément de germes pathogènes, ils peuvent monter une contamination de l'eau analysée par des produits animaux, en particuliers les matières fécales (Rejsek, 2002) (Metahri, 2002)

Ces microorganismes ne présentent pas d'effets directs sur la santé, mais une concentration trop importante peut entraîner des problèmes d'ordre organoleptique et le dénombrement de la flore totale permet d'évaluer la densité bactérienne globale. Une faible valeur est témoin de l'efficacité du traitement et de l'intégrité du système de distribution (Duguet et al, 2006). Leur nombre est exprimé en nombre d'unité formant colonies par ml d'eau (UFC/ml) (Dellaras, 2007).

3.2.2 Les coliformes

Le terme « coliformes » ne correspond pas à une définition microbiologique stricte, mais il regroupe un ensemble d'espèces bactériennes appartenant principalement à la famille des Enterobacteriaceae. Ces bactéries partagent certaines caractéristiques biochimiques et physiologiques.

Selon la définition adoptée par l'Organisation internationale de normalisation (ISO), les coliformes sont des organismes qui présentent les caractéristiques suivantes :

- **Morphologie** : Bâtonnets (bacilles).
- **Coloration de Gram** : Gram négatifs.
- **Sporulation** : Non sporogènes.
- **Test oxydase** : Négatifs.

- **Type métabolique** : Facultativement anaérobies (capables de croître en présence ou en absence d'oxygène).
- **Résistance aux sels biliaries** : Capables de croître en présence de sels biliaries.
- **Fermentation du lactose** : Capables de fermenter le lactose avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures à des températures de 35 à 37 °C.

Ces caractéristiques permettent d'identifier les coliformes dans des analyses microbiologiques, notamment dans le cadre du contrôle de la qualité de l'eau ou des aliments. Bien que les coliformes ne soient pas tous pathogènes, leur présence peut indiquer une contamination fécale ou une défaillance dans les processus d'hygiène et de traitement. Parmi les coliformes, *Escherichia coli* est souvent utilisé comme indicateur spécifique de contamination fécale. **(Rodier et al, 2009).**

Il existe notamment deux groupes de coliformes :

- Coliformes totaux qui ont les mêmes caractéristiques biochimiques que les coliformes ;
- Coliformes fécaux qui ont aussi les mêmes caractéristiques biochimiques que les coliformes mais, ils se distinguent également des coliformes totaux par leur température de prolifération qui est de 44°C avec production d'indole. **(Rodier et al, 2009).**

3.2.3 Entérocoques du groupe D

On distingue sous le nom « streptocoques fécaux » les streptocoques qui possèdent l'antigène D. Elles sont des cocci à Gram positif, anaérobies et fermentent le glucose. Ce sont des espèces commensales de tube digestif de l'homme et d'animaux. Ils témoignent d'une contamination d'origine fécale ancienne tandis récente **(Delarras, 2005).**

3.2.4 Clostridium sulfito- réducteurs :

Les bactéries sporulantes décrites ici se présentent sous forme de bacilles à Gram positif et sont capables de se développer à une température de 37 °C pendant 24 heures. Leur dénombrement peut être réalisé sur des milieux de culture spécifiques, tels que la gélose TSN (Tryptone-Sulfite-Néomycine). Sur ce milieu, les microorganismes sulfito-réducteurs réduisent le sulfite en sulfure, ce qui provoque, en présence de citrate ferrique, la formation d'un précipité noir de sulfure de fer autour des colonies, permettant ainsi leur identification visuelle. **(Rodier et al, 2009).**

Une autre méthode pour la recherche et le dénombrement de ces bactéries, notamment les Clostridium, dans les eaux, consiste à utiliser la gélose Tryptone Sulfite Cyclosérine (TSC). Ce milieu est particulièrement adapté pour isoler et compter les Clostridium, en favorisant leur croissance tout en inhibant les autres microorganismes grâce à l'ajout de cyclosérine. Ces

techniques sont couramment employées dans les analyses microbiologiques pour évaluer la présence de bactéries sporulantes, souvent associées à des risques sanitaires ou à des contaminations environnementales. **(Rodier et al, 2009).**

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. Les formes sporulées, beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et streptocoques fécaux, permettraient ainsi de déceler une pollution fécale ancienne ou intermittente **(Rodier et al, 2009).**

3.3 Qualité physicochimique

3.3.1 Paramètres physique

3.3.1.1 Potentiel Hydrogène (pH)

C'est une mesure de l'activité des ions H^+ et OH^- contenus dans une eau. En chimie, par convention, on considère le pH de l'eau pure comme celui qui correspond à la neutralité d'une solution. Autrement dit, toute solution de pH inférieur à 7 (à 25°C) est considérés comme acide et inversement. Les normes édictées par la réglementation locale et internationale en matière de potabilité de l'eau recommandent un pH situé entre 6,5 et 9,5. Il diminue en présence de la matière organique et augmentent en saison sèche, quand l'évaporation est élevée **(OMS, 2006).**

3.3.1.2 Conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leur concentration. La température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité.

Pour les eaux, l'unité employée est le micro siemens par centimètre : $1S/cm = 106\text{micro S/cm}$. La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau, sa valeur est comprise entre 50 et 1500 $\mu S/cm$ pour les eaux naturelles **(Merabet, 2010).**

3.3.1.3 Dureté

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau est une grandeur reliée à la somme des concentrations des ions calcium Ca^{2+} et magnésium Mg^{2+} (ions alcalino-terreux). Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium. Elle s'exprime en milli équivalents de concentration en $CaCO_3$. Elle est aussi très souvent donnée en degrés Français **(Rodier et al., 2009).**

Les eaux peuvent être classées suivant la dureté totale indiquée dans le tableau 2.

Tableau 2 : Classification des eaux selon la dureté totale (Rodier, 2009).

Dureté en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

3.4 Paramètres chimiques

3.4.1.1 Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures (Cl⁻) sont des ions dérivés du chlore, naturellement présents dans l'eau et les aliments, et jouent un rôle essentiel dans l'équilibre électrolytique et les fonctions physiologiques du corps humain. Selon les normes de qualité de l'eau potable, la concentration maximale recommandée pour les chlorures est généralement de 250 mg/L, une valeur fixée pour préserver le goût de l'eau et éviter la corrosion des conduites. Sur le plan santé, les chlorures contribuent à la régulation de la pression osmotique, au maintien de l'équilibre acido-basique et au bon fonctionnement du système nerveux, en collaboration avec le sodium et le potassium. Cependant, une consommation excessive peut entraîner des problèmes de santé, tels que l'hypertension ou des déséquilibres électrolytiques. (Makhoukh, 2011).

3.4.1.2 Sulfates

Les sulfates (SO₄²⁻) sont des sels ou esters de l'acide sulfurique, naturellement présents dans l'eau et certains aliments, et jouent un rôle dans divers processus biologiques. Selon les normes de qualité de l'eau potable, la concentration maximale recommandée pour les sulfates est généralement de 250 mg/L, une valeur établie pour éviter les goûts désagréables et les effets laxatifs à fortes doses. Sur le plan santé, les sulfates contribuent à la synthèse des protéines, au métabolisme des acides aminés soufrés et au maintien de la structure des tissus conjonctifs. Cependant, une concentration excessive dans l'eau peut provoquer des troubles digestifs, notamment des diarrhées, en particulier chez les personnes sensibles (OMS, 2017).

3.4.1.3 Nitrates

Les nitrates (NO₃⁻) sont des composés chimiques naturellement présents dans l'eau, les sols et les aliments, résultant de l'oxydation de l'azote. Selon les normes de qualité de l'eau potable, la concentration maximale recommandée pour les nitrates est de 50 mg/L (directive européenne

98/83/CE et OMS), une valeur établie pour prévenir des risques sanitaires tels que la méthémoglobinémie (ou "syndrome du bébé bleu") chez les nourrissons. À des niveaux modérés, les nitrates jouent un rôle bénéfique dans l'organisme en participant à la production d'oxyde nitrique (NO), une molécule essentielle pour la régulation de la pression artérielle et la santé cardiovasculaire. Cependant, une exposition excessive, souvent due à une contamination agricole (engrais), peut entraîner des risques pour la santé, notamment la formation de nitrosamines, des composés potentiellement cancérigènes (OMS, 2017).

3.4.1.4 Nitrites

Les nitrites (NO_2^-) sont des composés chimiques dérivés de l'oxydation de l'ammoniac ou de la réduction des nitrates, souvent présents dans l'eau, les sols et certains aliments transformés. Selon les normes de qualité de l'eau potable, la concentration maximale recommandée pour les nitrites est de 0,5 mg/L (directive européenne 98/83/CE) et 3 mg/L (OMS), des valeurs établies pour prévenir des risques sanitaires tels que la méthémoglobinémie, une condition où le transport de l'oxygène dans le sang est altéré, particulièrement dangereuse pour les nourrissons.

À faible dose, les nitrites jouent un rôle dans la production d'oxyde nitrique (NO), une molécule importante pour la régulation de la pression artérielle et la fonction vasculaire. Cependant, une exposition excessive, souvent liée à une contamination de l'eau ou à la consommation d'aliments traités, peut entraîner la formation de nitrosamines, des composés potentiellement cancérigènes (OMS, 2017).

3.4.1.5 Alcalinité (TA et TAC)

L'alcalinité (TA, Titre Alcalimétrique, et TAC, Titre Alcalimétrique Complet) mesure la capacité de l'eau à neutraliser les acides, principalement due à la présence de carbonates (CO_3^{2-}), bicarbonates (HCO_3^-) et hydroxydes (OH^-). Elle est exprimée en mg/L de CaCO_3 (carbonate de calcium). Bien qu'il n'existe pas de norme stricte pour l'alcalinité dans l'eau potable, une plage typique recommandée se situe entre 30 et 500 mg/L de CaCO_3 pour assurer une stabilité chimique de l'eau et prévenir la corrosion des canalisations.

Une alcalinité modérée est bénéfique pour la santé humaine, car elle contribue à maintenir un pH équilibré dans l'eau, ce qui peut favoriser une meilleure digestion et réduire l'acidité gastrique. Cependant, une alcalinité trop élevée peut donner un goût désagréable à l'eau et réduire l'efficacité des désinfectants (OMS, 2017).

3.4.1.5.1 Carbonates

Les carbonates (CO_3^{2-}) sont des ions dérivés de l'acide carbonique, naturellement présents dans l'eau et les minéraux, et jouent un rôle clé dans la régulation du pH et de l'alcalinité de l'eau. Bien qu'il n'existe pas de norme spécifique pour les carbonates dans l'eau potable, leur

concentration est souvent évaluée indirectement via l'alcalinité, avec une plage recommandée de 30 à 500 mg/L de CaCO₃ (carbonate de calcium) pour assurer la stabilité chimique de l'eau et prévenir la corrosion des canalisations.

Sur le plan santé, les carbonates contribuent à neutraliser l'acidité dans l'organisme, soutenant ainsi l'équilibre acido-basique et potentiellement améliorant la digestion. Cependant, une concentration excessive peut donner un goût désagréable à l'eau et interférer avec l'efficacité des désinfectants. (OMS, 2017).

3.4.1.5.2 Bicarbonates

Les bicarbonates (HCO₃⁻) sont des ions présents naturellement dans l'eau, résultant de la dissolution de minéraux comme le calcaire. Ils jouent un rôle clé dans l'équilibre du pH de l'eau, en agissant comme un tampon pour neutraliser l'acidité. Bien qu'il n'existe pas de norme spécifique pour les bicarbonates dans l'eau potable, leur présence est généralement associée à une eau dure, et leur concentration peut varier de 30 à 400 mg/L selon les sources. Les bicarbonates ont des effets bénéfiques sur la santé humaine, notamment en aidant à réguler l'acidité gastrique et en soutenant la digestion, mais une consommation excessive peut entraîner des déséquilibres électrolytiques. Selon l'OMS, les bicarbonates ne posent pas de risque direct pour la santé aux concentrations habituellement trouvées dans l'eau potable (OMS, 2017).

3.4.1.6 Calcium

Le calcium (Ca²⁺) est un minéral essentiel présent naturellement dans l'eau, provenant de la dissolution de roches calcaires. Il joue un rôle crucial dans la formation des os et des dents, la coagulation sanguine, la contraction musculaire et la transmission nerveuse. Bien qu'il n'existe pas de norme stricte pour le calcium dans l'eau potable, l'OMS recommande une concentration optimale pour la santé, généralement comprise entre 20 et 80 mg/L. Une consommation adéquate de calcium via l'eau contribue à prévenir l'ostéoporose et à maintenir une bonne santé osseuse, en particulier dans les régions où l'apport alimentaire en calcium est insuffisant. Cependant, une concentration excessive peut entraîner une dureté de l'eau et des problèmes de goût (OMS, 2017).

3.4.1.7 Sodium

Le sodium (Na⁺) est un élément chimique essentiel présent dans l'eau, principalement sous forme d'ions dissous, provenant de sources naturelles comme les roches ou de rejets industriels et domestiques. Il joue un rôle clé dans la régulation de l'équilibre hydrique, la transmission nerveuse et la contraction musculaire. L'OMS recommande une concentration maximale de

200 mg/L de sodium dans l'eau potable pour prévenir les risques pour la santé, notamment l'hypertension artérielle chez les populations sensibles. Bien qu'une consommation modérée de sodium soit nécessaire au fonctionnement physiologique, un excès peut augmenter les risques de maladies cardiovasculaires, d'où l'importance de surveiller son apport total, y compris via l'eau (OMS, 2017).

3.4.1.8 Potassium

Le potassium (K^+) est un minéral essentiel présent dans l'eau, provenant de la dissolution de roches et de sels minéraux. Il joue un rôle vital dans le maintien de l'équilibre électrolytique, la régulation de la pression artérielle, la transmission nerveuse et la contraction musculaire. Bien qu'il n'existe pas de norme spécifique pour le potassium dans l'eau potable, l'OMS ne fixe pas de limite maximale car il est généralement présent à de faibles concentrations et n'est pas considéré comme un risque pour la santé aux niveaux habituellement trouvés dans l'eau. Une consommation adéquate de potassium, y compris via l'eau, contribue à réduire les risques d'hypertension et de maladies cardiovasculaires, mais un excès peut être néfaste pour les personnes atteintes de troubles rénaux (OMS, 2017).

3.4.1.9 Magnésium

Le magnésium (Mg^{2+}) est un minéral essentiel présent dans l'eau, issu de la dissolution de roches comme la dolomite et le calcaire. Il joue un rôle crucial dans plus de 300 réactions enzymatiques, notamment la production d'énergie, la fonction musculaire et nerveuse, et la santé osseuse. Bien qu'il n'existe pas de norme spécifique pour le magnésium dans l'eau potable, l'OMS suggère qu'une concentration optimale se situe entre 10 et 30 mg/L, pour contribuer à l'apport quotidien recommandé. Une consommation adéquate de magnésium, y compris via l'eau, peut aider à prévenir les carences associées à des troubles tels que les crampes musculaires, la fatigue et les maladies cardiovasculaires, tout en soutenant le système immunitaire et la régulation du glucose. (OMS, 2017).

3.4.1.10 Résidu sec

Le résidu sec représente la quantité totale de matières solides dissoutes (MSD) dans l'eau après évaporation de l'eau et séchage à 180°C, incluant les minéraux, les sels et les matières organiques. Il est utilisé comme indicateur de la minéralisation de l'eau. L'OMS ne fixe pas de limite stricte pour le résidu sec, mais recommande une concentration optimale inférieure à 600 mg/L pour une eau potable agréable au goût et sans risque pour la santé. Une eau modérément minéralisée (résidu sec entre 200 et 500 mg/L) peut apporter des minéraux essentiels comme le calcium et le magnésium, bénéfiques pour la santé osseuse et

cardiovasculaire, mais une concentration trop élevée peut altérer le goût et poser des risques pour les personnes souffrant de problèmes rénaux ou d'hypertension. (OMS, 2017).

3.4.1.11 Substances toxiques

La pollution chimique est due au rejet d'hydrocarbures, d'huiles, de graisses, de métaux lourds et autre composés chimiques dans les égouts. Le secteur industriel est bien entendu le premier pollueur (industrie chimique et plastique, sidérurgie) mais il ne faut pas sous-estimer l'impact de l'agriculture (pesticides et engrais chimiques se retrouvant dans les eaux souterraines après lessivage) et du secteur domestique (solvants, lessives, savons...). Les métaux lourds ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement.

3.4.1.11.1 Arsenic

Il est présent à concentration faible dans les eaux de surface. Sa présence dans l'environnement et par voie de conséquence dans l'eau est à relier à certain nombre de pollution : utilisation d'engrais phosphatés, d'herbicides, d'insecticides et détergents (les eaux de blanchisserie peuvent en contenir quelques microgrammes par litre), combustion de charbon ou de déchets, dépôts de résidus industriels, traitement de minerais arsenicaux (cuivre...), etc. (Metahri, 2002).

On leur associe des intoxications humaines endémiques caractérisées essentiellement par une mélanodermie du pied et une sclérose des membres inférieurs, sachant par ailleurs que l'arsenic est doué de propriétés cancérogènes, il convient donc d'en limiter les rejets dans les eaux (Metahri, 2002).

3.4.1.11.2 Cadmium

Le cadmium a une grande résistance à la corrosion. Il a un point de fusion est bas et une bonne conductivité électrique ; ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures ; il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi la pénétration dans les organismes. Les activités industrielles telles que le raffinage des métaux non ferreux, la combustion du charbon et des produits pétroliers, les incinérateurs d'ordures ménagers et la métallurgie de l'acier constituent les principales sources de rejet du cadmium dans l'atmosphère.

Dans l'eau, le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés) ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels des mines. Le cadmium fait également partie des métaux lourds les plus dangereux. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéine par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (UE, 2020).

3.4.1.11.3 Plomb

Le plomb est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg/kg. Les sols acides sont généralement moins riches en plomb que les sols alcalins. Contrairement à d'autres métaux comme le fer, le cuivre et le zinc, qui sont indispensables au corps humain, le plomb ne joue aucun rôle physiologique. Sa présence dans notre organisme peut même, à partir de certaines doses, provoquer des troubles de santé. En effet, le plomb est un métal très toxique qui s'accumule dans l'organisme. Il est particulièrement nocif pour les jeunes enfants qui peuvent développer un saturnisme **(EPA, 2023)**.

3.4.1.11.4 Cyanure

Le cyanure est un composé chimique toxique contenant l'ion cyanure (CN^-), présent dans l'eau principalement en raison de rejets industriels (mines, traitement des métaux) ou de processus naturels. Il est extrêmement dangereux, car il inhibe la respiration cellulaire, provoquant une asphyxie tissulaire. L'OMS recommande une concentration maximale de 0,07 mg/L dans l'eau potable, pour prévenir les risques pour la santé. Une exposition aiguë peut entraîner des symptômes graves (maux de tête, convulsions, coma) voire la mort, tandis qu'une exposition chronique peut causer des troubles neurologiques et thyroïdiens. **(Metahri, 2002)**.

3.4.1.11.5 Chrome total

Le chrome total désigne la somme de toutes les formes de chrome présentes dans l'eau, incluant le chrome trivalent (Cr III), essentiel à faible dose, et le chrome hexavalent (Cr VI), toxique et cancérigène. L'OMS recommande une concentration maximale de 50 $\mu\text{g/L}$ pour le chrome total dans l'eau potable, principalement en raison des risques associés au chrome hexavalent, qui peut causer des cancers, des lésions rénales et hépatiques. Bien que le chrome trivalent soit un oligo-élément essentiel impliqué dans le métabolisme du glucose et des lipides, ses bienfaits sont généralement obtenus par l'alimentation, et sa présence dans l'eau ne constitue pas une source significative de bénéfices pour la santé. **(Metahri, 2002)**.

3.4.1.11.6 Mercure

Le mercure (Hg) est un métal lourd toxique présent dans l'eau sous forme élémentaire, inorganique ou organique (comme le méthylmercure), provenant de sources naturelles (volcans, érosion) ou anthropiques (combustion du charbon, activités minières, rejets industriels). L'OMS recommande une concentration maximale de 6 $\mu\text{g/L}$ dans l'eau potable, pour prévenir les risques pour la santé, notamment la neurotoxicité, les dommages rénaux et les troubles du développement fœtal. Le mercure n'a aucun bienfait pour la santé humaine ; il s'accumule dans la chaîne alimentaire, posant des risques graves, en particulier pour les populations consommant du poisson contaminé. **(Metahri, 2002)**.

3.4.1.11.7 Sélénium

Le sélénium (Se) est un oligo-élément essentiel présent dans l'eau, nécessaire en petites quantités pour le fonctionnement des enzymes antioxydantes et la protection contre le stress oxydatif. Cependant, à des concentrations élevées, il devient toxique. L'OMS recommande une concentration maximale de 40 µg/L dans l'eau potable pour éviter les effets néfastes tels que la sélénose (perte de cheveux, ongles cassants, troubles neurologiques) tout en permettant un apport suffisant pour soutenir les fonctions biologiques. Carence en sélénium, bien que rare, peut affaiblir le système immunitaire et augmenter le risque de maladies cardiovasculaires. (Metahri, 2002).

3.4.1.11.8 Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A)

Les hydrocarbures polycycliques aromatiques (HPA) sont des composés organiques formés de plusieurs cycles benzéniques, issus de la combustion incomplète de matières organiques (pétrole, charbon, bois) ou présents dans les produits pétroliers. Ils sont considérés comme des polluants persistants et cancérigènes. L'OMS recommande une concentration maximale de 0,7 µg/L pour le benzo[a]pyrène, un HPA particulièrement toxique, dans l'eau potable, et une somme totale de HPA ne dépassant pas 0,1 µg/L, pour limiter les risques de cancers et d'effets génotoxiques. (OMS, 2017)

4 Processus d'exploitation des eaux en bouteilles

4.1 Dans le monde

— *Découverte et autorisation*

L'exploitation des eaux minérales et de source commence par l'identification de sources naturelles présentant des qualités chimiques et microbiologiques conformes aux normes internationales. Des études hydrogéologiques sont menées pour évaluer la durabilité de la ressource et sa composition minérale. Une fois la source validée, les entreprises doivent obtenir des autorisations gouvernementales, qui varient selon les pays et s'appuient sur des analyses réalisées par des laboratoires accrédités (WHO, 2017).

— *Captage et traitement*

Le captage de l'eau s'effectue directement à la source, souvent via des forages protégés, pour éviter toute contamination externe. Les eaux minérales naturelles, selon la réglementation européenne (Directive 2009/54/CE), ne doivent subir aucun traitement chimique, tandis que les eaux de source peuvent être filtrées ou désinfectées aux ultraviolets (UV) pour éliminer les micro-organismes indésirables. Certaines eaux gazeuses naturelles conservent leur CO₂

d'origine, tandis que d'autres sont reminéralisées pour ajuster leur composition (**European Parliament, 2009**).

— *Emballage et conditionnement*

L'embouteillage se déroule dans des environnements stériles pour préserver la pureté de l'eau. Les bouteilles, généralement en polyéthylène téréphtalate (PET) ou en verre, sont lavées et stérilisées avant remplissage. Les machines de conditionnement modernes permettent une cadence élevée tout en minimisant les risques de contamination. L'étiquetage doit respecter les réglementations locales, notamment en indiquant la composition minérale et l'origine de l'eau (**European Parliament, 2009**).

— *Contrôle qualité et distribution*

Avant commercialisation, des tests microbiologiques et chimiques sont réalisés pour garantir la conformité aux normes sanitaires. Les eaux embouteillées sont stockées dans des entrepôts à température contrôlée avant distribution. Les entreprises doivent également assurer une traçabilité complète, depuis la source jusqu'au consommateur, conformément aux exigences des organismes comme l'International Bottled Water Association (IBWA) (**IBWA, 2021**).

4.2 En Algérie

— *Exploration et autorisation administrative*

En Algérie, l'exploitation des eaux minérales et de source est strictement encadrée par les autorités publiques (**JORA, 2004**). Les entreprises doivent préalablement réaliser des études hydrogéologiques approfondies pour évaluer la qualité et la durabilité de la ressource. Ces études sont soumises à l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH), qui délivre les permis d'exploitation après validation. Le Ministère de la Santé impose également des normes sanitaires conformes à la réglementation algérienne (NA 10914) et aux standards internationaux (**Ministère algérien de la Santé, 2018**).

— Captage et traitement des eaux

Les eaux minérales naturelles en Algérie, comme celles de Lalla Khedidja ou Ifri, sont captées directement à la source sans traitement chimique, conformément aux normes internationales pour les eaux minérales naturelles. Les eaux de source, en revanche, peuvent subir une filtration légère (charbon actif ou microfiltration), pour éliminer les impuretés. Certaines sources naturellement gazeuses, comme « Manba », conservent leur CO₂ d'origine sans ajout artificiel (**Djouadi et Cheloufi, 2020**).

— Conditionnement et emballage

L’embouteillage en Algérie est majoritairement effectué dans des usines locales équipées de chaînes de remplissage automatisées. Les bouteilles utilisées sont principalement en PET pour des raisons économiques, bien que certaines marques premium (ex : Guedila) optent pour le verre. Les normes algériennes exigent que les emballages soient stérilisés avant remplissage, et les étiquettes doivent mentionner clairement la composition minérale et la source d’origine (IANOR, 2019).

— Contrôle qualité et commercialisation

Avant leur mise sur le marché, les eaux embouteillées en Algérie doivent passer des contrôles stricts réalisés par des laboratoires agréés, tels que ceux de l’Institut Pasteur Algérie. Ces analyses vérifient l’absence de contaminants microbiologiques et chimiques. Une fois approuvées, les eaux sont distribuées via des réseaux nationaux et parfois exportées vers l’Afrique subsaharienne. Cependant, des défis persistent, notamment la lutte contre la contrefaçon et la gestion durable des nappes phréatiques (Bensaad et Kettab, 2021).

5 Consommation de ces eaux en bouteilles

5.1 Dans le monde

La consommation mondiale d'eau en bouteille a connu une croissance significative au cours des dernières décennies, reflétant souvent des lacunes dans les systèmes publics d'approvisionnement en eau. En 2021, la consommation annuelle mondiale des principaux types d'eau en bouteille était estimée à 350 milliards de litres, avec des projections atteignant 460 milliards de litres d'ici 2030. Les dépenses annuelles par habitant s'élevaient à 34 USD, et le chiffre d'affaires global de l'eau en bouteille représentait entre 17 et 24 % du marché mondial des boissons non alcoolisées. Les citoyens de la région Asie-Pacifique étaient les plus gros consommateurs, suivis par les Nord-Américains et les Européens. Par pays, les États-Unis constituaient le plus grand marché, avec environ 64 milliards de dollars de ventes, suivis par la Chine (près de 45 milliards de dollars) et l'Indonésie (22 milliards de dollars). Cette popularité croissante de l'eau embouteillée soulève des préoccupations environnementales, notamment en raison de la production massive de déchets plastiques et de l'empreinte carbone associée à la fabrication et au transport des bouteilles. (UNU, 2023).

En 2014,

5.2 En Algérie

En Algérie, 80 % de l’eau potable est d’origine souterraine. L’eau embouteillée a enregistré une forte croissance depuis 2005. La demande pour l’eau embouteillée devrait continuer à croître

dans tous les groupes de revenu. La croissance continuera à être entraînée par la plus large disponibilité de l'eau embouteillée et par un accent sur la santé à travers l'Algérie. (Kaci et Abtroun, 2013) (Fig.3)



Figure 4 : Evolution de la consommation des eaux embouteillées en Algérie (OMS, 2017)

Ces dernières années, l'Algérie a connu une faible pluviométrie qui s'est répercutée sur la fréquence de distribution de l'eau potable. Ainsi, les algériens se sont tournés vers les eaux en bouteille, pour parer cette carence et celle de la dégradation de la qualité de l'eau du robinet, aidés en cela, par la richesse du marché national par d'innombrables marques d'eau conditionnée.

Les Algériens consomment en moyenne 60 litres d'eau en bouteille, par an et par habitant, eau minérale et eau de source confondues, soit près de 160 millilitres d'eau en bouteille, consommés quotidiennement par habitant. (Samia D., 2021)

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)

Chaque année, l'Algérie produit 1,5 milliards de litres d'eau minérale. Plus de quarante marques sont produites et distribuées, dont 17 eaux de source, dont une gazéifiée et 20 marques d'eau minérale naturelle, dont deux gazeuses (Mozaïa et Ben Haroun) (Blidi, 2023).

Partie pratique

Matériels et méthodes

Partie pratique

La partie pratique du thème choisi a été réalisée au mois de février 2025, au niveau du Laboratoire de contrôle de qualité du complexe FERTIAL, situé dans la commune d'El-Bouni de la wilaya de Annaba. Il est à noter que le complexe FERTIAL opère dans le domaine des engrais et fait partie du groupe SONATRACH.

A cet effet, des échantillons de marques d'eaux embouteillées ont été analysés. L'objectif de l'analyse est d'évaluer la qualité physico-chimique de ces eaux embouteillées, qui ont été choisies au hasard, dans les commerces de la wilaya d'El-Tarf.

Ces eaux ont été stockées à température ambiante et les analyses physico-chimiques ont été réalisées, immédiatement, après l'ouverture des contenants.

Les 14 marques d'eaux embouteillées choisies, pour l'évaluation de leurs qualités physicochimiques, sont réparties en 02 catégories : Eau minérale naturelle et eau de source :

A. Eau minérales naturelle

Pour cette étude, sept (07) marques d'eaux minérales naturelles ont été choisies. Il s'agit des marques :

➤ **Guedila**

Guedila est une marque algérienne d'eau minérale naturelle, dont la source se trouve à la base du mont Guedila, qui s'élève à 500m d'altitude, sur le flanc sud de la chaîne montagneuse de l'Aurès, en Algérie



➤ **Ifri**

Est l'un des principaux acteurs algériens dans la production d'eaux minérales naturelles, plates ou gazeuses, ainsi que de sodas. L'eau d'IFRI est tirée des montagnes de Kabylie qui dominent la vallée de la Soummam, située au nord-est de l'Algérie. C'est grâce à ces montagnes prodigieuses qu'elle obtient sa pureté, sa légèreté et sa richesse en minéraux vitaux pour la vie.



➤ **Lella khedidja**

Lella Khedidja est une marque algérienne d'eau minérale naturelle, qui trouve son origine dans les sommets couverts de neige du Djurdjura en Algérie, atteignant plus de 2300 m d'altitude. C'est une eau de montagne, non pétillante et faiblement minéralisée ; naturellement pure puisqu'elle est directement prélevée à la source.



➤ **Youkous,**

Youkous est une marque d'eau minérale naturelle non gazeuse, dont la source est située à quatre kilomètres du chef-lieu de la commune d'El Hammamet, wilaya de Tebessa.



➤ **Thevest**

Thevest, marque algérienne d'eau minérale naturelle non gazeuse, dont la source est située à Fouris-Bir El Atter, wilaya de Tebessa.



➤ **Messerghine**

Cette eau provient de la Source de Messerghine, qui jouit d'un cadre remarquable et protégé, dans les Monts du Murdjadjo, situés à l'ouest de la ville d'Oran. Grâce à son effet diurétique, cette eau aide à l'élimination des toxines du corps et participe à une nutrition saine et équilibrée pour toute la famille.



➤ **Texanna**

Texanna, e une marque algérienne d'eau minérale naturelle non gazeuse, dont la source est située à Sidi Yaaqub, dans le village de Raggada de la commune de Texanna-Wilaya de Jijel. L'eau minérale Texanna est une eau pure, légère et riche en minéraux, qui convient à toute la famille (Nourrissons, jeunes, femme, sportifs, personnes âgées, ...)



B. Eaux de source

Pour cette étude, sept (07) marques d'eaux de source ont été choisies. Il s'agit des marques :

➤ **Noua**

Les eaux de Noua prennent leur source des sommets des montagnes de l'Aurès. La commune de Chachar se distingue par ses eaux douces et sucrées, légères pour l'estomac, ce qui en fait le choix idéal, pour les malades et les enfants en particulier.



➤ **Besbasa :**

Besbassa est bien plus qu'une simple eau de source ordinaire. Il incarne la richesse naturelle des montagnes de Dahwara dans la province de Guelma, où chaque goutte absorbe sa pureté cristalline tout au long de son parcours géologique, jusqu'à sa mise en bouteille directement à la source. Besbassa n'est pas seulement de l'eau potable, mais son eau offre une expérience riche en pureté, en fraîcheur et en bienfaits naturels



➤ **Ain bouglez :**

L'eau Ain Bouglez, provenant des montagnes d'El Tarf, se caractérise par sa haute qualité et sa légèreté. Elle utilise les dernières technologies de purification et d'embouteillage de l'eau, garantissant que votre consommation quotidienne de cette eau répond à 100% de vos



besoins en nombreuses vitamines et minéraux. Les eaux d'Ain Bouglez, connues dans tout le pays pour leur légèreté et leur pureté, sont considérées comme un remède à de nombreux maux.

➤ **Djemorah :**

Les eaux souterraines de **Djemorah** se rejoignent dans le réservoir des Aurès avec les montagnes de l'Atlas depuis l'Antiquité, pour être mises en bouteille et consommées comme une eau fraîche, pure et équilibrée.



➤ **L'Aurès :**

L'eau de la source de **L'Aurès** est une eau naturelle provenant de sources montagneuses situées dans la région de **L'Aurès** en Algérie, qui est l'une des régions montagneuses les plus remarquables d'Afrique du Nord. Cette eau est réputée pour sa haute qualité et son goût unique, car elle provient de sources naturelles souterraines et contient des minéraux bénéfiques pour la santé humaine.



➤ **Righia :**

L'eau de Righia prend sa source au cœur des montagnes d'El-Tarf, et a commencé à occuper une place importante sur le marché algérien grâce à sa qualité exceptionnelle. Elle est également riche en sels minéraux, en raison de son parcours au fil des années, ce qui lui confère une grande valeur et la rend recommandée pour la prévention de nombreuses maladies.



➤ **Arwa :**

L'eau Arwa est l'une des marques les plus renommées en Algérie et est considérée comme l'une des meilleures eaux de source embouteillées. Elle est extraite de sources naturelles situées dans la région de Sétif et se distingue par sa haute pureté et sa qualité exceptionnelle. Elle est réputée pour son goût rafraîchissant et ses bienfaits pour la santé grâce à sa composition minérale équilibrée, ce qui en fait le choix préféré de nombreux consommateurs en Algérie.



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 (**Fig.5**)
- Agitateur rotatif
- 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
- Mettre 25 ml de l'échantillon d'eau, dans le bécher.
- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser
- Attendez que la lecture se stabilise à l'écran

❖ Expression des résultats

fois la lecture stabilisée ,notez la valeur du ph



Figure 5 : Le pH-mètre
(Hannachi, 2025)

1.2 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 le norme ISO 11265 :1995

❖ Matériels

- Conductimètre (**Fig.6**)
- Bécher de 50 ml
- Agitateur rotatif

❖ Mode opératoire

- Rincer l'électrode de conductivité avec de l'eau distillé
- Rincer ensuite plusieurs fois avec l'échantillon d'eau à analyser pour éviter toute contamination
- Ajouter un barreau magnétique dans le bécher
- Mettre 25 ml de l'échantillon d'eau dans le bécher
- Plonger l'électrode dans l'eau à analyser

❖ Expression des résultats

- Attendre la stabilisation de la valeur affichée sur le conductimètre
- Lire et enregistrer la valeur de la conductivité (en $\mu\text{s}/\text{cm}$ ou ms/cm selon l'appareil).



Figure 6 : Le conductimètre
(Hannachi, 2025)

1.3 Détermination de la dureté - Titre hydrotimétrique (TH) –

La dureté de l'eau est un paramètre qui évalue la minéralisation de l'eau en cations divalents. Elle est due, uniquement, aux cations calcium (Ca^{+2}) et magnésium (Mg^{+2}).

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- Solution tampon
- Indicateur N.E.T (solution de Noir Eriochrome T)
- EDTA

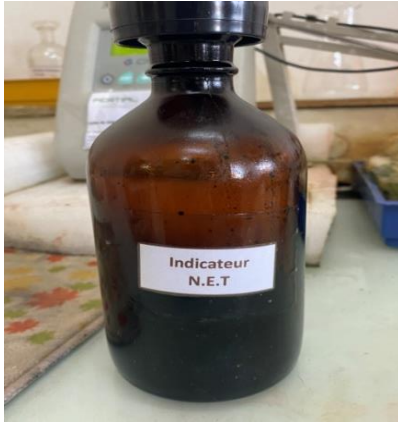
❖ Mode opératoire

- Prendre 10 ml d'échantillon dans 90 ml d'eau distillée
- Ajouter 2 à 3 goutte de solution tampon
- Ajouter indicateur N E T
- Remplir une burette avec la solution d'EDTA
- Titrer lentement tout en agitant
- Le point d'équivalence est atteint quand la solution passe du rouge-violet au bleu
- Noter le volume d'EDTA utilisé (**Fig.7**)

❖ Expression des résultats

La détermination du titre hydrotimétrique (TH) (ou dureté), exprimée en degré français (°F), est donnée par la formule suivante

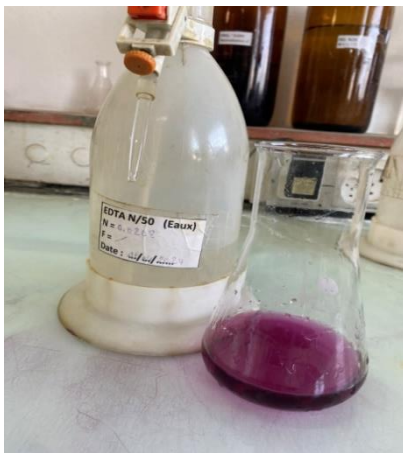
$$\text{TH (°F)} = \text{volume d'EDTA utilisée} * \text{facteur de concentration}$$



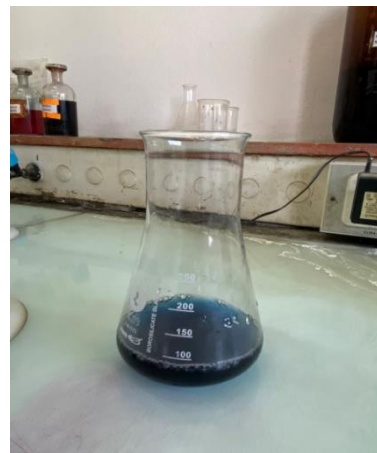
(A)



(B)



(C)



(D)

Figure 7 : Détermination du titre hydrotimétrique (dureté de l'eau)

(A (Indicateur N.E.T) – B (Dosage du TH) – C (Titration par l'EDTA) – D (Virage de la couleur de l'eau au bleu) (Hannachi, 2025)

1.4 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 (CO_3^{2-})

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- Indicateur de phénolphtaléine

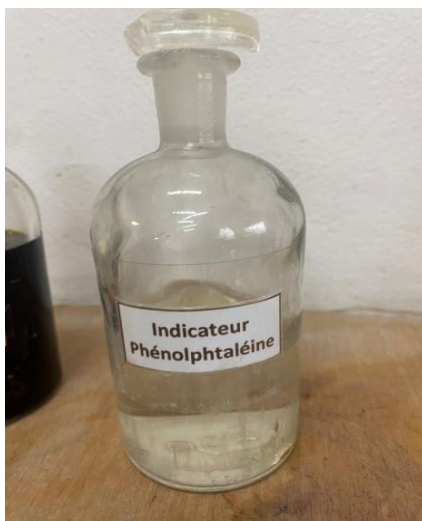
❖ **Mode opératoire**

- A l'aide d'une éprouvette, ajouter 25 ml d'eau dans un Erlenmeyer
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur de phénolphtaléine
- Une coloration rose doit apparaître

Si la solution ne devient pas rose, cela signifie que le (TA) est égal à zéro, alors l'échantillon ne contient pas d'alcalinité mesurable ; C'est-à-dire que la **TA=0** ce qui se produit dans les eaux ayant un pH inférieur à 8,3, contenant uniquement des bicarbonates (**Fig.8**).

En revanche, si la solution devient rose, cela indique la présence de carbonates ou d'hydroxydes, et il faut alors ajouter de l'acide nitrique (HNO_3), jusqu'à disparition de la couleur.

Après ce traitement, la solution doit être parfaitement transparente, ce qui indique que la réaction est complète. En pratique, les échantillons ont montré que la concentration en ions carbonate (CO_3^{2-}) est nulle, ce qui correspond bien à des eaux naturelles à faible pH.



(A)



(B)

Figure 8 : Détermination du titre alcalimétrique (TA)

(A (Indicateur de phénolphtaléine) – B (Dosage du TA)) (**Hannachi, 2025**)

1.5 Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

❖ Principe

La détermination de ce titre 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

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

❖ Réactifs

- Indicateur de phénolphtaléine
- Acide nitrique HNO₃ (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 HNO₃ (0,04 N), jusqu'au virage de la couleur au jaune ou au jaune orangé (**Fig.9**)

❖ Expression des résultats

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

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

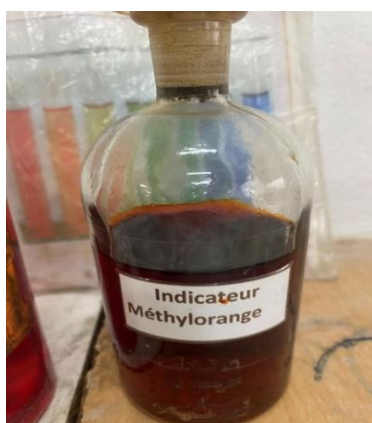
Où :

V₂ = Volume utilisé pour la titration

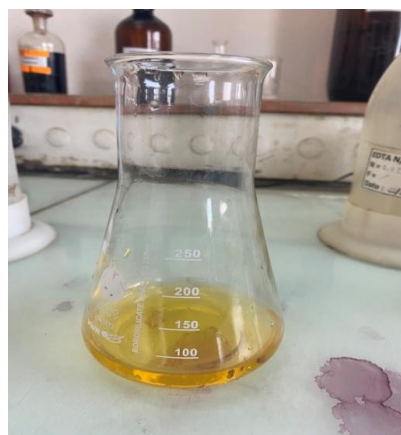
N = 0,04 N de HNO₃

MM = Masse molaire de HNO₃

V = Volume total dans l'erlenmeyer



(A)



(B)



(C)

Figure 9 : Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

(A (Indicateur Méthylorange) – B (Virage de la couleur au jaune) – C (Titration par HNO_3 (couleur jaune orange)) (Hannachi, 2025)

1.6 Dosages des chlorures

❖ Principe

La détermination des chlorures (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_3
- Diphenylcarbazone
- Acide nitrate HNO_3

❖ Mode opératoire

- Prendre 10 ml d'échantillon dans 90 ml d'eau distillé
- Ajouter 2 à 3 goutte Diphénylcarbazon
- Neutraliser par HNO₃
- Titrer avec AgNO₃, jusqu'à l'apparition d'une coloration bleu mauve (**Fig.10**)

❖ Expression des résultats

La détermination des chlorures, exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivante ;

$$[\text{Cl}^-] = V(\text{AgNO}_3) \cdot 71 \cdot F$$

Où :

[Cl⁻] = Concentration de chlorures en mg/l.

V(AgNO₃) = Volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisée pour le titrage de l'échantillon.

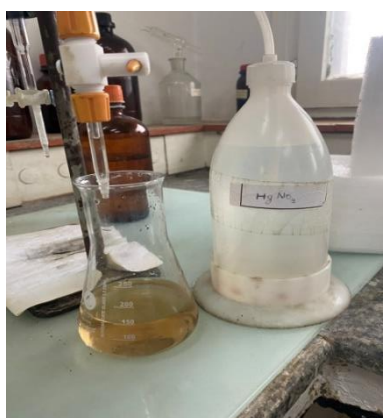
F : facteur de correction du titre d'AgNO₃ = 0.71



(A)



(B)



(C)

Figure 10 : Dosage des chlorures

(A (Indicateur Diphénylcarbazon) – B (Neutralisation par HNO₃) – C (Titration avec AgNO₃ et virage de la couleur au bleu mauve)) (Hannachi, 2025)

1.7 Dosage des nitrates (NO_3^-)

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- NitraVer 5 réactifs pour les nitrates (inhibiteur) (**Fig.11**)

❖ Mode opératoire

- Après avoir allumé le spectrophotomètre, sélectionner le programme sur 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 NO_3^-)
- Quand le minuteur sonne, appuyer sur Zéro/blanc, pour effectuer la lecture de l'échantillon nc.
- Placer, ensuite, l'échantillon d'eau préparé, contenant le réactif.
- Le résultat s'affiche sur l'écran du spectrophotomètre (**Fig.12**)

❖ Expression des résultats

La valeur indiquée de la concentration des nitrates (NO_3^-), retrouvée dans l'eau analysée, est exprimée en mg/l.



Figure 11 : Le Réactif NitraVer 5



Figure 12 : Le spectrophotomètre

1.8 Dosage des nitrites (NO₂⁻)

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

NitriVer 2 réactifs pour les nitrites (inhibiteur) (**Fig.13**)

❖ Mode opératoire

- Après avoir allumé le spectrophotomètre, sélectionner le programme sur NO₂⁻. 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 (NitriVer 2)
- Agiter pour bien mélanger et attendre ,le temps de la réaction
- Remplir la cuvette avec l'échantillon blanc (l'échantillon blanc = eau distillée + NitriVer 2 pour NO₂⁻)
- 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

❖ Expression des résultats

La valeur indiquée de la concentration des nitrates (NO₂⁻), retrouvée dans l'eau analysée, est exprimée en mg/l.



Figure 13 : Le réactif NitriVer 2
(Hannachi, 2025)

1.9 Dosage des sulfates (SO_4^{-2})

❖ Matériels

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

❖ Réactifs

- SulfaVer 4 réactif pour les sulfates (inhibiteur) (**Fig.14**)

❖ Mode opératoire

- Après avoir allumé le spectrophotomètre, sélectionner le programme sur 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
- Ajouter 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 mn
- Remplir la cuvette avec l'échantillon blanc (l'échantillon blanc = eau distillée + sulfaVer 4 pour SO_4^{-2})
- Quand le minuteur sonne, appuyer sur Zéro/blanc, pour effectuer la lecture de l'échantillon blanc.
- Placer, par la suite l'échantillon d'eau préparé contenant le réactifs.

❖ Expression des résultats

La valeur de la concentration des sulfates (SO_4^{-2}), retrouvée dans l'eau analysée, est exprimée en mg/l.



Figure 14 : Le réactif SulfaVer 4
(Hannchi, 2025)

1.10 Détermination des cation (Na^+ , K^+)

La méthode de détermination des cations de sodium et de potassium extractibles dans l'eau consiste à extraire les cations par agitation de l'échantillon en présence d'une solution d'acétate d'ammonium. Après l'extraction des cations, leur concentration est déterminée à l'aide de la spectrophotométrie d'émission de flamme.

❖ Réactifs

- Solutions mères étalons :
 - ✓ Solution de potassium. $C(\text{K}_2\text{O}) = 0,500 \text{ g. l}^{-1}$
Dissoudre 0,793 g de chlorure de potassium (KCl) dans 1L
 - ✓ Solution de sodium, $C(\text{Na}_2\text{O}) = 0,500 \text{ g. l}^{-1}$
Dissoudre 0,943 g de chlorure de sodium (NaCl) dans 1L d'eau

❖ Matériels

- Spectrophotomètre d'émission de flamme (**Fig.15**)
- Filtres sans cendre
- Agitateur
- Distributeur
- Récipients pour l'agitation
- Balance analytique

❖ 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

❖ Expression des résultats

Les valeurs des cations (K^+ , Na^+) retrouvées dans les échantillons d'eaux analysés s'affichent, directement, sur l'écran du spectrophotomètre de flamme. Les valeurs obtenues sont exprimées en mg/L.



Figure 15 : Le spectrophotomètre d'émission de flammes
(Hannachi, 2025)

Résultats et discussion

2 Résultats et discussion

Les analyses des paramètres physicochimique des 14 échantillons d'eaux en bouteille étudiés (pH, conductivité, chlorures, sulfates, nitrates, nitrites, sodium, potassium), nous ont permis d'obtenir les résultats suivant (**Tab.3**) :

Tableau 3 : Résultats des analyses physicochimiques
(Hannachi, 2025)

Les marques	Les concentrations des anions(mg/l)				Les concentrations des cations (mg/l)		pH	Conductivité à 25°C (µS/cm)	TAC (mg/l)	TA (mg/l)	TH (°F)
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	K ⁺	Na ⁺					
Guedila	94	37,5	4	<0,01	1,92	27,14	7,1	747	37,35	0	29,8
Ifri	65	99	13,5	<0,02	1,6	33,3	6,99	993	24	0	36,80
Lella Khedidja	2	6,5	5,66	<0,01	1,6	3,7	7,8	302	6,3	0	8,9
Youkous	33	23,95	2,2	0	4,4	13	7	504	20	0	25
Thevest	190	63	1	<0,01	0,6	46,6	7,5	1031	20	0	40
Messerghine	8	100,2	0,8	0	9,2	68,6	7,2	771	1,3	0	21,4
Texanna	9,1	27	0	0	0,8	9,5	7	720	1,3	0	21
Besbassa	2,5	13	8,5	<0,01	1,4	4,7	7,28	444	18	0	15,60
Ain Bouglez	8	28,5	8,3	0,06	0,5	28,3	7,2	152	13,5	0	4,3
Djemorah	221,6	126	18	0,01	0,6	96	7,7	1244	19,8	0	29
Noua	81	33	23,7	0,02	0	20	7,5	1027	22	0	52
Aurès	346	87,5	0,5	<0,01	2,66	68,42	7	1283	4,4	0	36,3
Righia	1,6	22	3,3	0,01	0,18	12,7	7	1506	1,1	0	5
Arwa	100	96,5	44,9	<0,01	1,6	56,8	7,5	153	153	0	27,7

Sur la base des résultats obtenus, deux approches distinctes ont été adoptées pour l'étude des eaux :

La première approche a porté sur l'analyse de la composition chimique des eaux. Les valeurs mesurées de chaque paramètre chimique ont été comparées aux valeurs déclarées sur l'étiquetage de chaque marque d'eau embouteillée. L'objectif de cette comparaison est de vérifier la fiabilité des manipulations analytiques effectuées, ainsi que la stabilité de la composition physico-chimique de ces eaux.

La deuxième approche, quant à elle, s'est focalisée sur l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux, en comparant séparément chaque paramètre entre les deux types d'eaux étudiés (eaux minérales naturelles et eaux de source). Cette étude vise à vérifier la conformité

des résultats obtenus avec les exigences de la législation algérienne, à travers la comparaison avec les valeurs fixées dans les normes officielles algériennes. Elle a, également, pour but d'identifier laquelle de ces eaux présente le plus d'avantages pour la santé en termes d'apport en minéraux.

2.1 Composition chimique

2.1.1 Comparaison des résultats des analyses avec les valeurs des étiquetages

➤ Les eaux minérales naturelles

2.1.1.1 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 Guedila (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7.1	7.35
SO ₄ ⁻²	94	95
Cl ⁻	37.5	40
NO ₃ ⁻	4	4.5
NO ₂ ⁻	<0,01	<0,01
K ⁺	1.92	2
Na ⁺	27.14	29

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

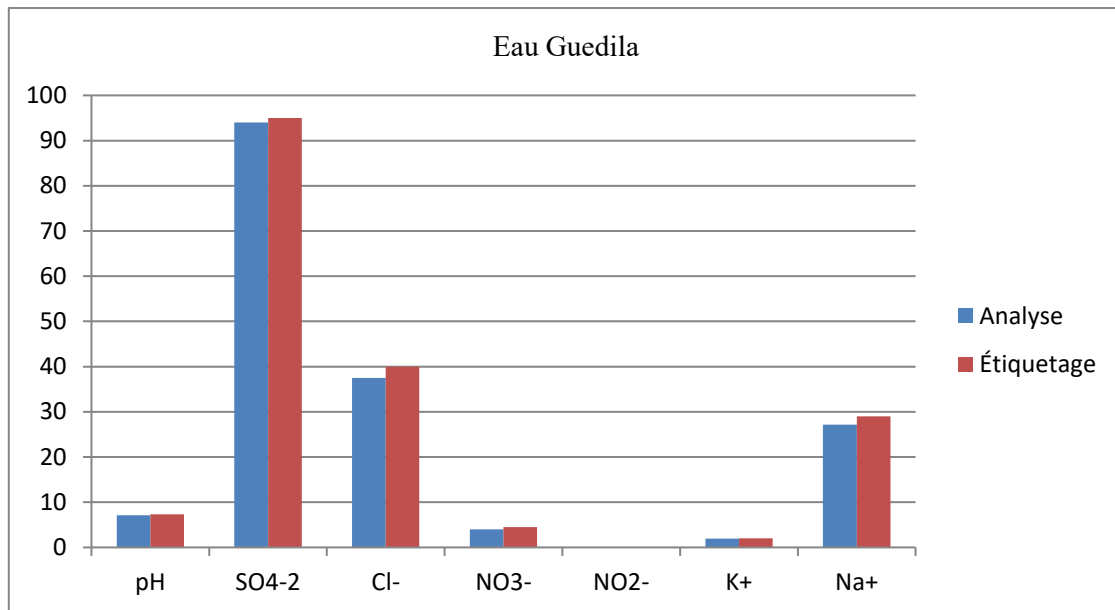


Figure 16 : Eau Guedila- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons on constate que l'eau Guedila contient des valeurs de nitrite similaire à l'étiquetage

- Pour le reste des paramètres analysés (Na^+ , SO_4^{-2} , NO_3^- , pH, K^+ , Cl^-) les valeurs sont légèrement inférieures à celles de l'étiquetage (différence de 2 mg/l, 1mg/l et moins pour le sodium, le sulfate, le potassium, le nitrate et le pH) avec une différence maximale de 2.5 mg/l pour les chlorures. Néanmoins, on note que les valeurs sont très proches.
- De façon générale, on peut conclure que, pour la marque Guedila nos résultats sont, approximativement, identiques aux valeurs de l'étiquetage.

2.1.1.2 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.5) :

Tableau 5 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ifri (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	6.99	7.2
SO ₄ ⁻²	65	68
Cl ⁻	99	98
NO ₃ ⁻	13.5	15
NO ₂ ⁻	<0,02	<0,02
K ⁺	1.6	2.1
Na ⁺	33.3	35

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

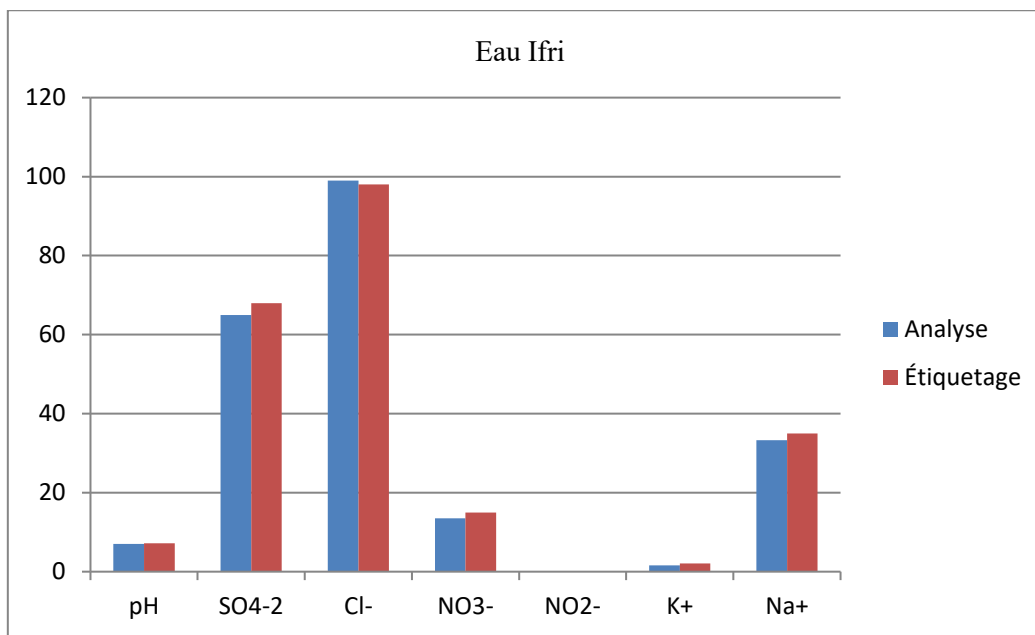


Figure 17 : Eau Ifri- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate, qu'à l'exception des valeurs des nitrites (NO₂⁻) qui sont identiques, les résultats des autres paramètres, que nous avons obtenus, sont légèrement inférieurs aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque :

- Une différence de 1.5 mg/l pour les nitrates (NO₃⁻)
- Une différence de 0.3 mg/l pour le pH

- Une différence de 3 mg/l pour le sulfate
- Une différence de 0.5 mg/l pour le potassium
- Une différence de 1.7 mg/l pour le sodium

Pour les chlorures, nos résultats sont légèrement supérieurs, comparés aux valeurs de l'étiquetage, avec une différence de 1 mg/l.

De manière générale, on peut conclure que nos résultats concernant la marque Ifri sont approximativement identiques à ceux indiqués sur l'étiquetage de la bouteille.

2.1.1.3 Lella khedidja

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 Lella Khedidja (Hannachi,2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7.8	7.42
SO ₄ ⁻²	2	3
Cl ⁻	6.5	7
NO ₃ ⁻	5.66	5.94
NO ₂ ⁻	<0,01	0.03
K ⁺	1.6	0.4
Na ⁺	3.7	3.1

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

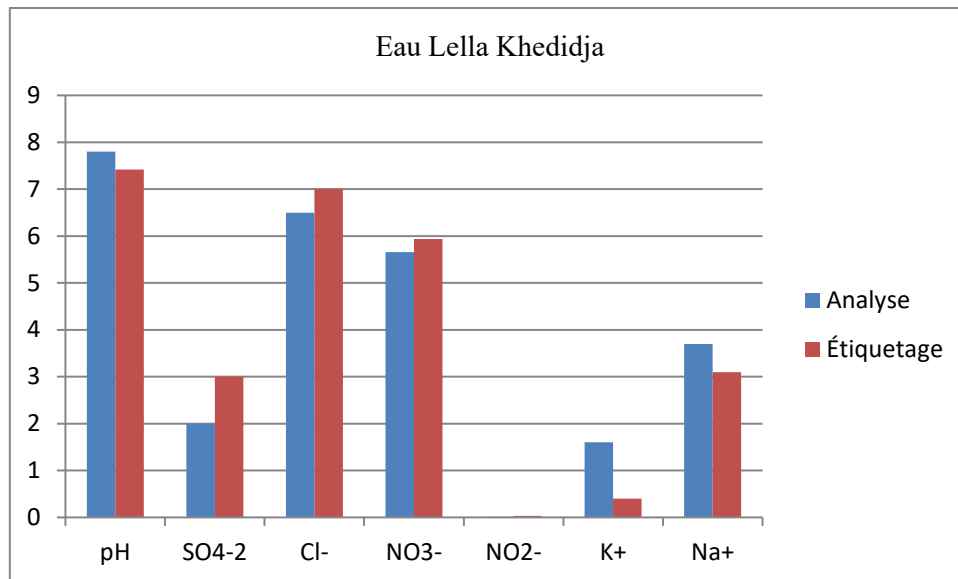


Figure 18 : Eau Lella Khedidja- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate que les valeurs des résultats des dosages des paramètres (nitrates, nitrites, sulfates et chlorures) sont légèrement inférieures aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de ces marques :

- Pour les sulfates, la différence est de 1mg/l
- Pour les chlorures, les nitrites et les nitrates, nos résultats étaient légèrement inférieurs aux valeurs indiquées sur l'étiquetage, avec un écart ne dépassant pas 1 mg/l.
- Par contre pour le pH, le sodium et le potassium, nos résultats sont légèrement supérieurs, comparés aux valeurs de l'étiquetage, avec une hausse de 0,38 pour le pH, une hausse de 0,6 mg/l pour le sodium et une hausse de 1,2 mg/l pour le potassium.

De manière générale, on peut conclure que nos résultats concernant la marque Lella Khedidja sont, approximativement, identiques à ceux indiqués sur l'étiquetage de la bouteille.

2.1.1.4 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.7) :

Tableau 7 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Youkous
(Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7	7.4
SO ₄ ⁻²	33	35.80
Cl ⁻	23.95	25.70
NO ₃ ⁻	2.2	2
NO ₂ ⁻	0	0
K ⁺	4.4	4.65
Na ⁺	13	13.40

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

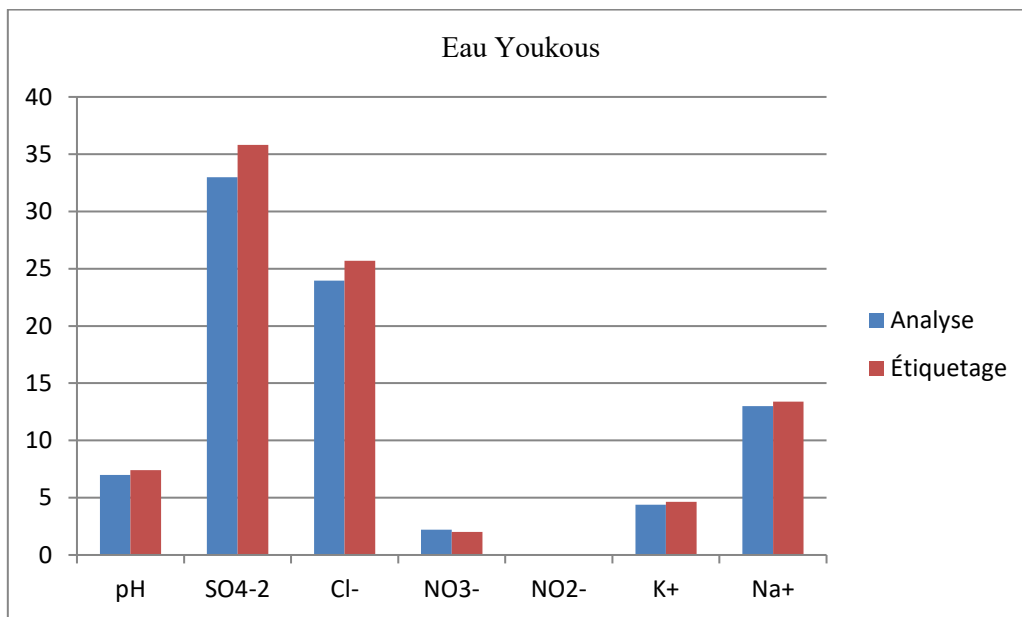


Figure 19 : Eau Youkous- Comparaison des résultats avec l'étiquetage
(Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Youkous présente une teneur nulle en nitrites (NO₂⁻) confirmée par l'étiquetage.

- Pour le pH, la teneur en sodium et en potassium, nos résultats sont inférieurs, mais très proches des valeurs inscrites sur l'étiquetage de cette marque, puis que les différences n'atteignent pas 0.5 mg/l pour le pH, le sodium et le potassium.
- Pour les sulfates, nos résultats sont inférieurs de 2,8 mg/l, par rapport à la valeur indiquée sur l'étiquetage.
- Pour le teneur en chlorures et en nitrates, nos résultats sont supérieurs, mais très proches des valeurs inscrites sur l'étiquetage de cette eau (hausse de 1.75 mg/l pour les chlorures et hausse de 0.2 mg/l pour les nitrates)

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

2.1.1.5 Thevest

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 Thevest (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7.5	7.77
SO ₄ ⁻²	190	188
Cl ⁻	63	65
NO ₃ ⁻	1	2.35
NO ₂ ⁻	<0,01	<0,01
K ⁺	0.6	0.99
Na ⁺	46.6	47.25

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (**Fig.20**)

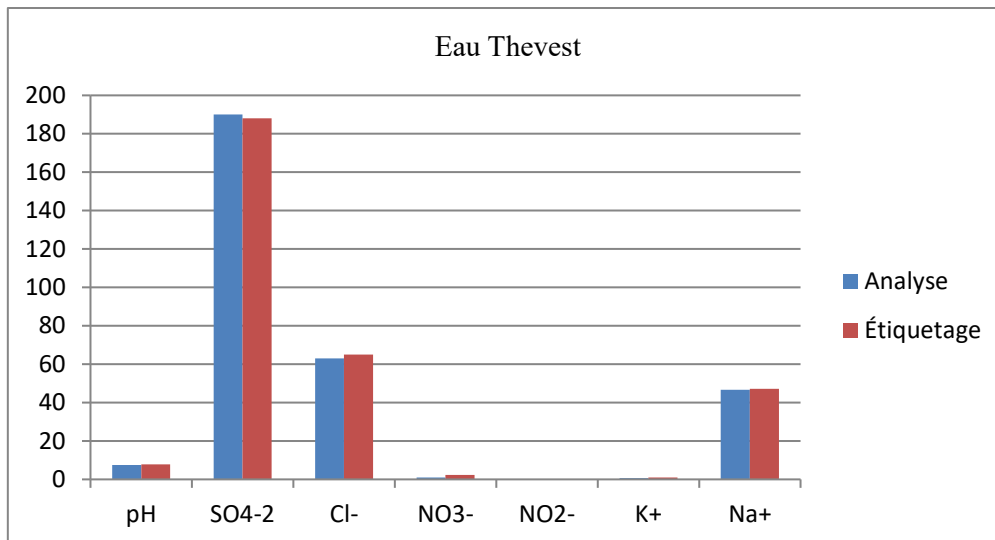


Figure 20 : Eau Thevest- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base comparaisons, on constate qu'à l'exception des valeurs des nitrites (NO_2^-) qui sont identiques, les résultats des autres paramètres (pH, K^+ , Na^+ , NO_3^- , Cl^-) que nous avons obtenus sont, légèrement, inférieurs aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque :

- Pour le pH, la teneur en potassium et en sodium, la différence est moins de 1 (pH (0,27), K^+ (0,39 mg/l) et Na^+ (0,65 mg/l))
- Pour la teneur en chlorures, la différence est de 2 mg/l
- Pour la teneur en nitrates, la différence est de 1,35 mg/l
- Par contre pour les sulfates, nos résultats sont légèrement supérieurs, comparés aux valeurs l'étiquetage, avec une hausse de 2 mg/l.

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

2.1.1.6 Messerghine

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.9) :

Tableau 9 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Messerghine (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7.2	7.6
SO ₄ ⁻²	8	10
Cl ⁻	100.2	104.62
NO ₃ ⁻	0.8	1.5
NO ₂ ⁻	0	0
K ⁺	9.2	11.5
Na ⁺	68.6	69.77

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.21)

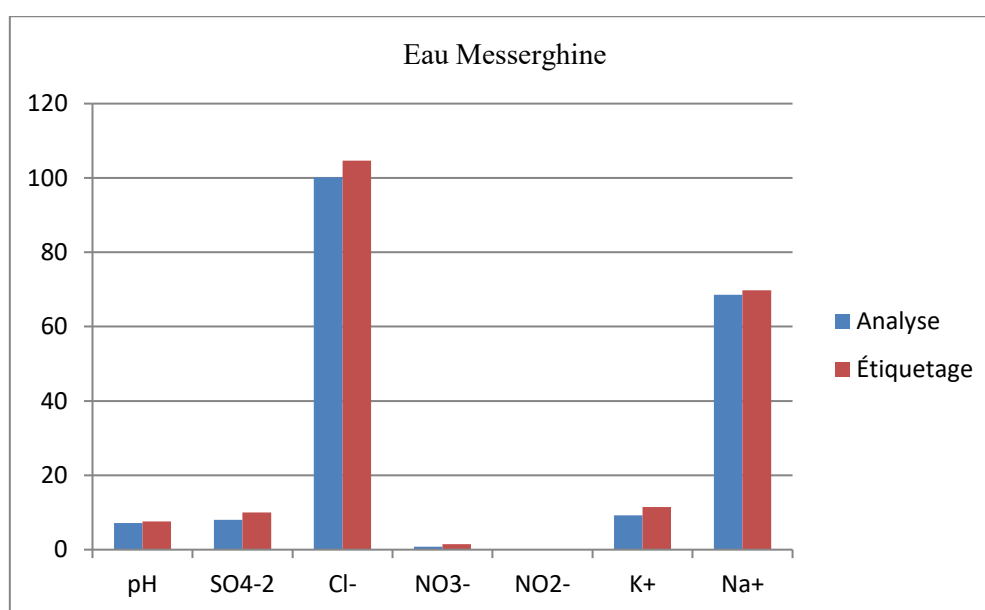


Figure 21 : Eau Messerghine- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Messerghine présente une teneur nulle en nitrites (NO₂⁻), confirmée par l'étiquetage.

Les résultats des autres paramètres que nous avons obtenus sont, légèrement, inférieurs aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque :

- Une différence moins de 1, pour le ph (0,4) et les nitrates (0,7 mg/l)
- Une différence de 2 mg/l pour les sulfates

- Une différence de 4,42 mg/l pour les chlorures
- Une différence de 2 mg/l et moins pour le potassium et sodium.

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

2.1.1.7 Texanna

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.10**) :

Tableau 10 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Texanna (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7	7
SO ₄ ⁻²	9.1	11
Cl ⁻	27	28.4
NO ₃ ⁻	0	0
NO ₂ ⁻	0	0
K ⁺	0.8	1
Na ⁺	9.5	11

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (**Fig.22**) :

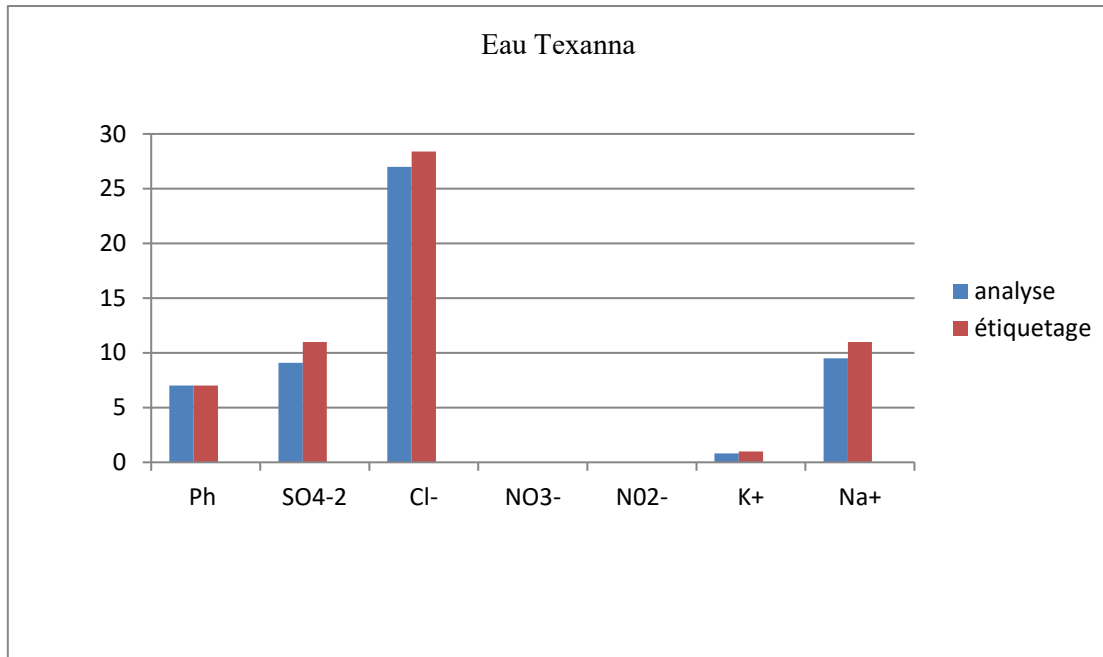


Figure 22 : Eau Texanna- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Texanna présente une teneur nulle en nitrates et nitrites, confirmée par l'étiquetage.

- Pour le pH, nos résultats sont similaires aux valeurs indiquées sur l'étiquetage
- Pour les teneurs en sulfates, en chlorures, en sodium et en potassium, nos résultats sont, légèrement, inférieurs aux valeurs indiquées sur l'étiquetage. Avec une différence de : 1,5 mg/l, pour les sulfates - 1,4 mg /l, pour les chlorures - 0.2 mg/l, pour le potassium et 1.5 /l, pour le sodium.

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

➤ Eaux de sources

2.1.1.8 Noua

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.11) :

Tableau 11 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Noua (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7.5	7,1
SO ₄ ⁻	81	82
Cl ⁻	33	36
NO ₃ ⁻	23.7	25.41
NO ₂ ⁻	0.02	0.01
K ⁺	0	0
Na ⁺	20	23

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.23) :

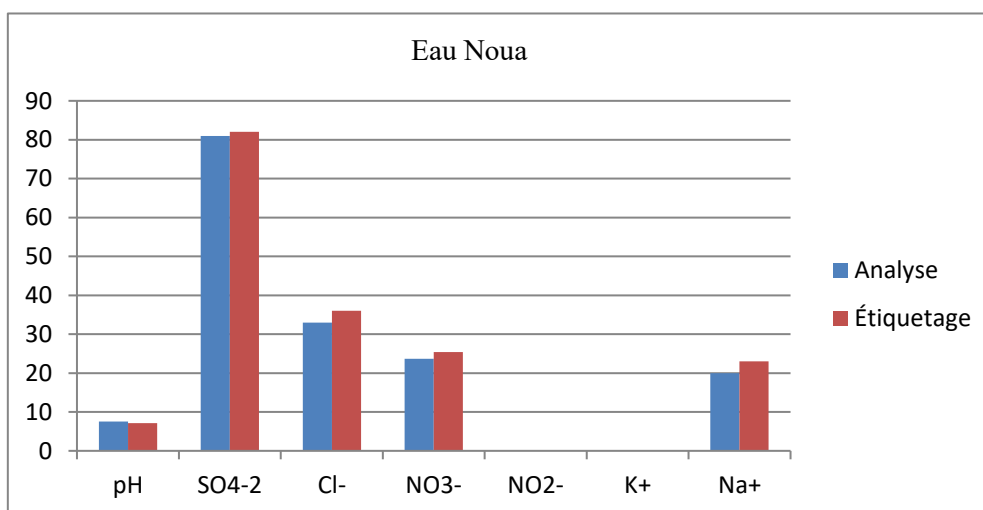


Figure 23 : Eau Noua- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate que l'eau Noua présente une teneur nulle en potassium, confirmée par l'étiquetage.

- Pour le pH et la teneur en nitrites, nos résultats sont légèrement supérieurs aux valeurs indiquées sur l'étiquetage : avec une différence de 0.4, pour le pH. et une différence de 0.01 mg/l, pour les nitrites.
- Pour les teneurs en nitrates, en sulfates, en chlorures et en sodium, nos résultats sont, légèrement, inférieurs aux valeurs indiquées sur l'étiquetage, avec une

différence pour : les nitrates (1,41 mg/l), les sulfates (1 mg/l) et les chlorures et sodium (3 mg/l).

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

2.1.1.9 Besbassa

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.12) :

Tableau 12 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Besbassa (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7,28	7,29
SO ₄ ⁻	2,5	4
Cl ⁻	13	10
NO ₃ ⁻	8,5	9
NO ₂ ⁻	<0,01	<0,01
K ⁺	1,4	2
Na ⁺	4,7	5

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.24) :

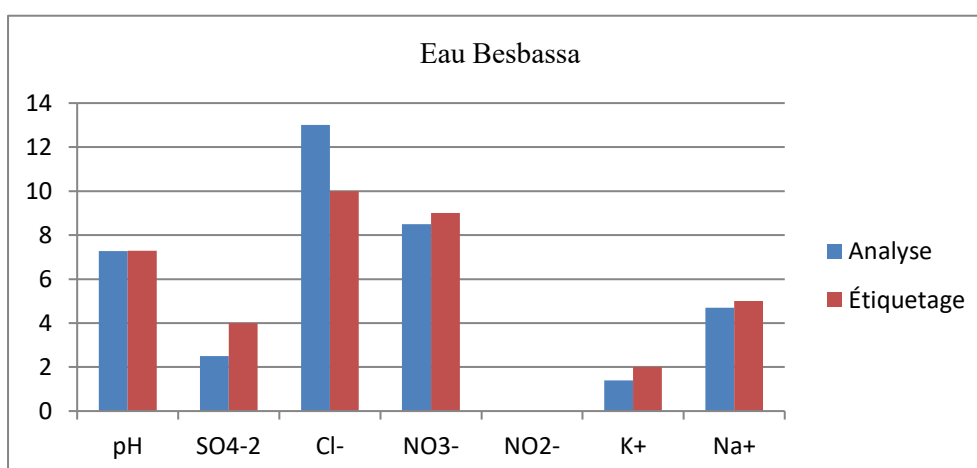


Figure 24 : Eau Besbassa- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate qu'à l'exception des valeurs des nitrites qui sont identiques, les résultats des autres paramètres, que nous avons obtenus, sont, légèrement, inférieurs aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque :

- Une différence de 0.1 mg/l, pour le pH
- Une différence de 1.5 mg/l, pour les sulfates
- Une différence de moins de 1 mg/l pour : potassium (0,6 mg/l), nitrates (0.5 mg/l), et sodium (0.3 mg/l).
- Par contre pour les chlorures, nos résultats sont légèrement supérieurs, comparés aux valeurs de l'étiquetage, avec une hausse de 3 mg/l.

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

2.1.1.10 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.13**) :

Tableau 13 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Ain Bouglez (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7,2	6,8
SO ₄ ⁻²	8	10
Cl ⁻	28,5	30
NO ₃ ⁻	8.3	9
NO ₂ ⁻	0,06	0,06
K ⁺	0,5	1
Na ⁺	28,3	29

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (**Fig.25**) :

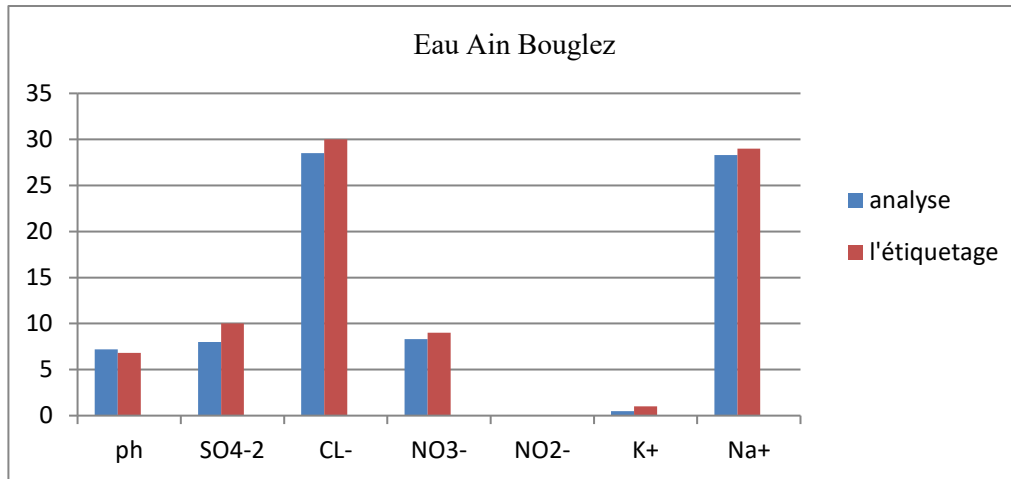


Figure 25 : Eau Ain Bouglez- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base comparaisons, on constate qu'à l'exception des valeurs des nitrites (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 :

- Une différence de 2 mg/l, pour les sulfates
- Une différence de 1.5 mg/l, pour les chlorures
- Une différence de moins de 1 mg/l pour : nitrates et sodium (0.7 mg/l) et potassium (0,5 mg/l).

Par contre la valeur du pH, que nous avons obtenue est légèrement supérieure à celle de l'étiquetage (différence de 0,4).

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

2.1.1.11 Djemorah

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.14) :

Tableau 14 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Djemorah (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7,7	7,5
SO ₄ ⁻²	221,6	220
Cl ⁻	126	128
NO ₃ ⁻	18	20,41
NO ₂ ⁻	0,01	0,01
K ⁺	0,6	1,1
Na ⁺	96	98

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.26) :

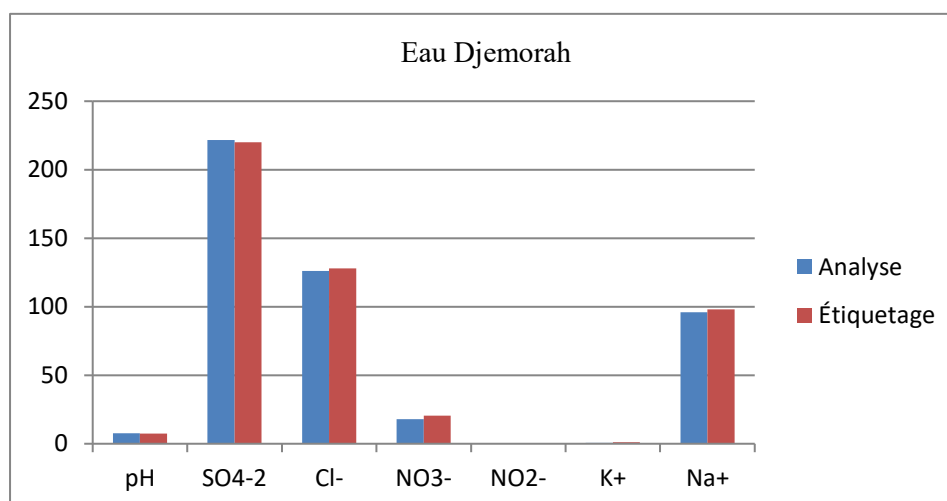


Figure 26 : Eau Djemorah- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate qu'à l'exception des valeurs des nitrites qui sont identiques, les résultats des autres paramètres, que nous avons obtenus, sont légèrement inférieurs aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque :

- Une différence de 2 mg/l pour le chlorure et le sodium.
- Une différence de 2.41 mg/l, pour les nitrates
- Une différence de 0.5 mg/l, pour le potassium
- Par contre, nos résultats sont, légèrement, supérieurs, comparés aux valeurs de l'étiquetage, pour : pH (hausse de 0,2) et sulfates (hausse de 1.6 mg/l).

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

2.1.1.12 Aurès

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.15) :

Tableau 15 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Aurès (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7	7,4
SO ₄ ²⁻	346	348
Cl ⁻	87,5	86,2
NO ₃ ⁻	0,5	1,08
NO ₂ ⁻	<0,01	<0,01
K ⁺	2,66	3
Na ⁺	68,42	71

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.27) :

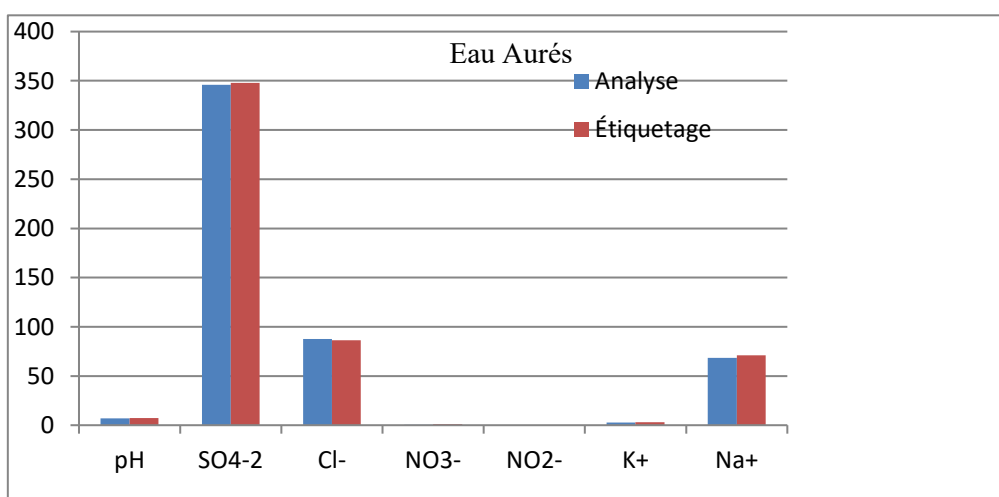


Figure 27 : Eau Aurès- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, on constate qu'à l'exception des valeurs des nitrites qui sont identiques, les résultats des autres paramètres, que nous avons obtenus, sont légèrement inférieurs aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de cette marque :

- Une différence de 0,4, pour le pH
- Une différence de 2,58 pour le sodium
- Une différence de 2 mg/l pour le sulfate
- Une différence de moins de 1 mg/l, pour : nitrates (0.58 mg/l) et potassium (0.34 mg/l)
- Par contre pour les chlorures, nos résultats sont légèrement supérieurs ; comparés aux valeurs de l'étiquetage, avec une hausse de 1,3 mg/l .

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

2.1.1.13 Righia

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.16**) :

Tableau 16 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Righia (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7	6.70
SO ₄ ²⁻	1.6	1
Cl ⁻	22	19.3
NO ₃ ⁻	3.3	2.5
NO ₂ ⁻	0.01	0.02
K ⁺	0.18	0.38
Na ⁺	12.7	12.8

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (**Fig.28**) :

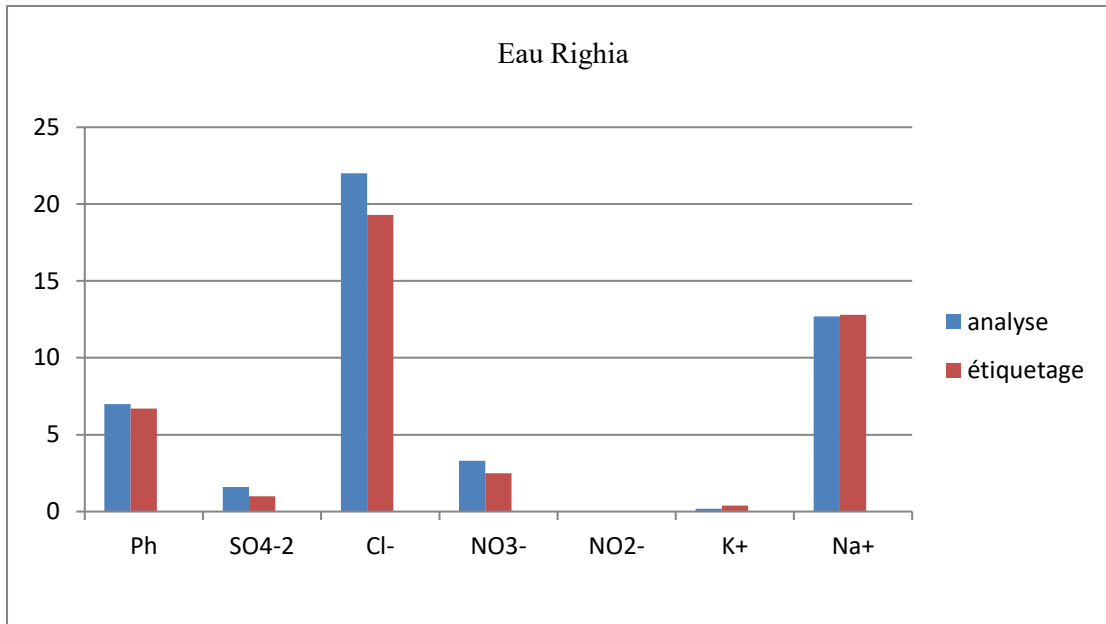


Figure 28 : Eau Righia- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons effectuées pour l'eau de source Righia, on constate que :

- Pour le pH et les teneurs en sulfates, en chlorures et en nitrates, nos résultats sont légèrement supérieurs aux valeurs indiquées sur l'étiquetage de cette eau, avec une hausse de : 0.3 (pour le pH) - 0.6 mg/l (pour les sulfates) - 0,8 mg/l (pour les nitrates) et 2.7 mg/l (pour le chlorure)
- Pour les teneurs en nitrite, en sodium et en potassium, nos résultats sont, par contre, légèrement inférieurs, comparés aux valeurs de l'étiquetage, avec une différence de : 0.01 mg/l (pour les nitrites) - 0.1 mg/l (pour le sodium) - 0.20 mg/l (pour le potassium)

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

2.1.1.14 Arwa

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.17) :

Tableau 17 : Résultats des analyses et valeurs de l'étiquetage de la marque Arwa (Hannachi, 2025)

Paramètres	Les analyses	L'étiquetage
pH	7,5	7,3
SO ₄ ⁻²	100	104
Cl ⁻	96,5	100
NO ₃ ⁻	44,9	46,5
NO ₂ ⁻	<0,01	<0,01
K ⁺	1,6	1
Na ⁺	56,8	56

Les données du tableau nous ont permis d'établir les comparaisons figurant sur l'histogramme suivant (Fig.29) :

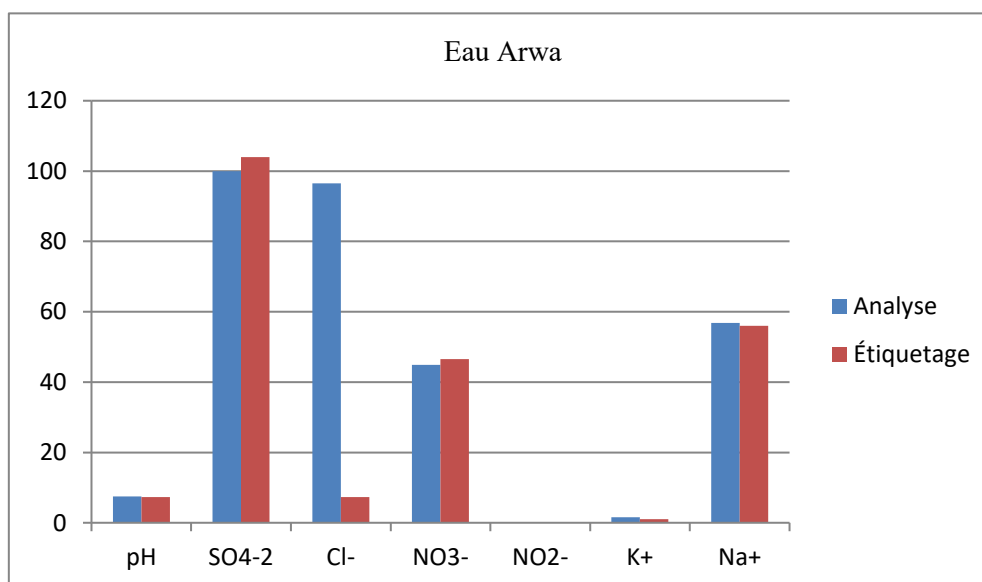


Figure 29 : Eau Arwa- Comparaison des résultats avec l'étiquetage (Hannachi, 2025)

Sur la base des comparaisons, la teneur en nitrites, dans l'eau de source "Arwa, " est identique entre nos résultats et ce qui est mentionné sur l'étiquetage.

- Nos résultats sont, légèrement, inférieurs aux valeurs de l'étiquetage, pour les teneurs en sulfates, en chlorures et en nitrates, avec une différence de : 4 mg/l (pour les sulfates), 3,5 mg/l (pour les chlorures) et 1,6 mg/l (pour les nitrates)

- Nos résultats présentent, par contre, des valeurs, légèrement, supérieures à celles indiquées sur l'étiquetage, avec une hausse de : 02 (pour le pH) - 0,8 mg/l (pour le sodium) et 0,6 mg/l (pour le potassium).

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

2.2 Composition physicochimique

Les paramètres analysés comprennent : les sulfates (SO_4^{2-}), les chlorures (Cl^-), les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), le potassium (K^+), le sodium (Na^+), le pH, la conductivité, la dureté, le titre alcalimétrique complet (TAC), le titre alcalimétrique (TA) et la dureté totale (TH).

2.2.1 Sulfates

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (**Fig.30**) :

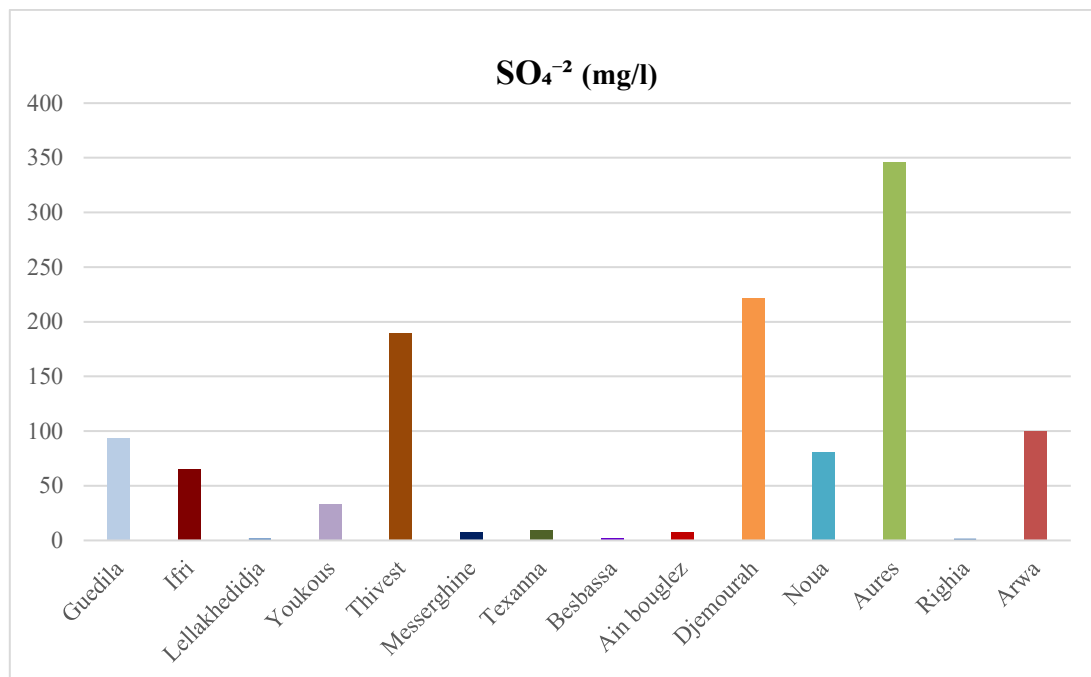


Figure 30 : Résultats de la teneur en sulfates
(Hannachi, 2025)

La teneur en sulfates (SO_4^{2-}) dans les eaux minérales et les eaux de sources varie selon la nature des roches traversées (ex. : dissolution de gypse) et l'origine hydrothermale, influençant leur minéralisation et leur goût (OMS, 2022).

Pour les eaux minérales naturelles analysées, la teneur en sulfates varie de 2 mg/l (Lella Khedidja) à 190 mg/l (Thevest).

Quant aux eaux de source, les valeurs observées s'étendent de 1,6 mg/l (Righia) à 346 mg/l (Aurès).

Selon la réglementation algérienne en vigueur (JORA, 2015), la concentration maximale admissible en sulfates, pour les eaux destinées à la consommation humaine est fixée à 400 mg/l. Ainsi, toutes les valeurs mesurées dans le cadre de notre étude demeurent en deçà de cette limite, ce qui atteste de leur conformité à la législation nationale (voir Annexe 2).

Les résultats obtenus sont également en accord avec ceux rapportés dans des travaux antérieurs. En effet, les études menées par Achour Talet et Abdellaoui (2019) ont relevé des teneurs en sulfates allant de 4,45 mg/l à 187,39 mg/l, tandis que Amor et Ben Messaoud (2023) ont observé des concentrations comprises entre 33 mg/l (Nestlé) et 188 mg/l (Thevest). Ces données confirment la conformité générale des eaux analysées aux normes algériennes en matière de qualité des eaux conditionnées.

2.2.2 Chlorures

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Fig.31) :

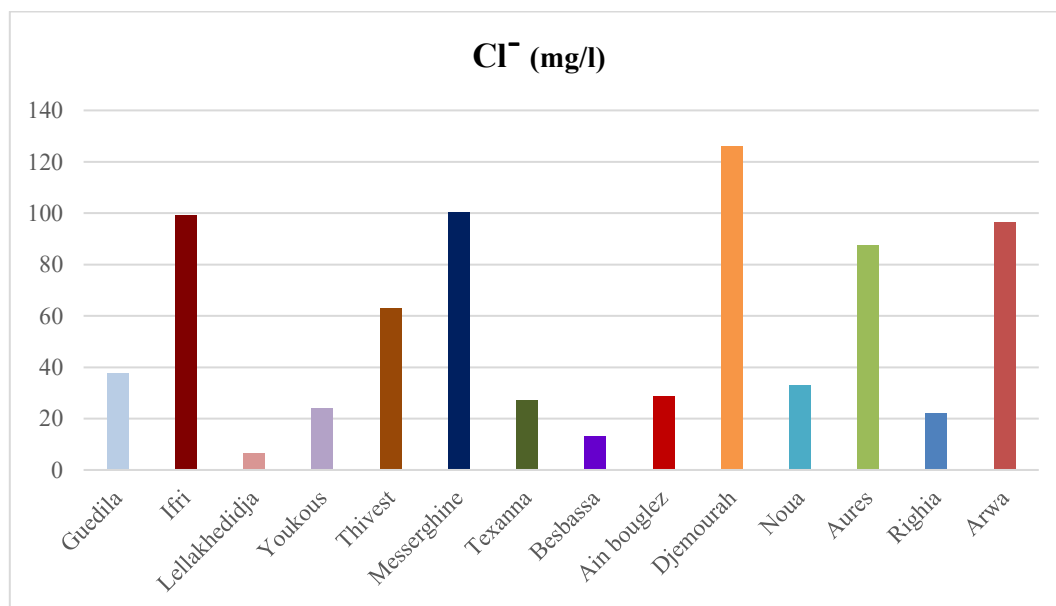


Figure 31 : Résultats de la teneur en chlorures (Hannachi, 2025)

Les chlorures présents dans les eaux souterraines peuvent provenir de plusieurs sources : la dissolution du NaCl contenu dans les roches évaporitiques, l'intrusion d'eau de mer ou encore des apports d'origine anthropique, tels que les engrais organiques et inorganiques (Debieche, 2002) (Rodier et al., 2009).

La concentration moyenne en chlorures dans nos échantillons d'eaux minérales naturelles est de 51,02 mg/l, contre 58,07 mg/l pour les eaux de source.

- Pour les eaux minérales naturelles, les teneurs varient entre 6,5 mg/l (Lella Khedidja) et 100,2mg/l (Messerghine)
- Pour les eaux de source, elles s'étendent de 13 mg/l (Besbassa) à 126 mg/l (Djemourah).

Selon la réglementation algérienne en vigueur (JORA, 2015), la concentration maximale admissible en chlorures est fixée à 500 mg/l.

Les valeurs obtenues dans le cadre de notre étude étant largement inférieures à cette limite, elles sont donc conformes à la législation nationale (voir Annexe 2).

Nos résultats rejoignent ceux rapportés dans l'étude de Amor et Ben Messaoud (2023), qui indiquent des teneurs en chlorures allant de 11 mg/l (Lalla Khedidja) à 400 mg/l (Benharoun), restant dans les normes réglementaires. De même, l'étude de Achour Talet et Abdellaoui (2019) corrobore nos observations, avec des concentrations comprises entre 9,44 mg/l et 390,93 mg/l. La présence de chlorures à des niveaux modérés est acceptable du point de vue de la potabilité, bien qu'une surveillance régulière est recommandée, notamment dans les zones où une contamination anthropique (agriculture intensive, rejets domestiques ou industriels) pourrait modifier l'équilibre ionique des eaux.

2.2.3 Nitrates

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (**Fig.32**) :

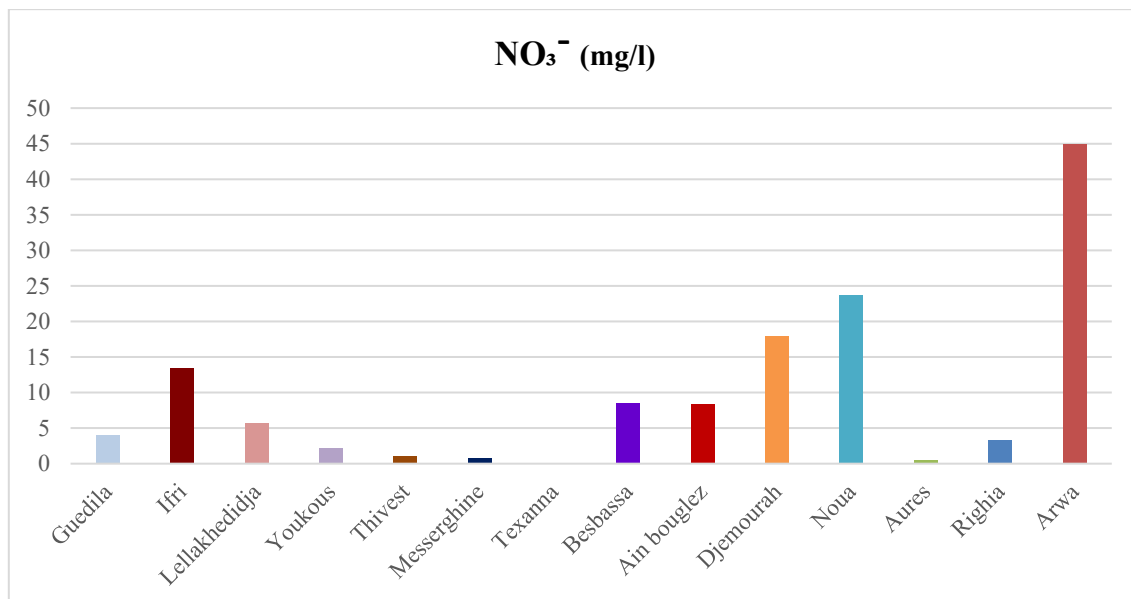


Figure 32 : Résultats de la teneur en nitrates (Hannachi, 2025)

La présence de nitrates dans les eaux constitue un indicateur de pollution, généralement liée à des activités humaines telles que l'agriculture intensive (emploi massif d'engrais chimiques et organiques), les dysfonctionnements des réseaux d'assainissement urbains ou encore certaines activités industrielles (Ghodbane, 2018).

Dans notre étude :

- Pour les eaux minérales naturelles présentent des teneurs en nitrates comprises entre 0 mg/l (Texanna) et 13,5 mg/l (Ifri).
- Pour les eaux de source affichent des concentrations allant de 0,5 mg/l (Aurès) à 44,9 mg/l (Arwa).

Toutes les valeurs relevées sont nettement inférieures à la limite maximale autorisée de 50 mg/l fixée par la réglementation algérienne (JORA, 2006), ce qui confirme la conformité des deux types d'eau étudiés aux normes en vigueur (voir Annexe 1).

Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés dans la littérature. L'étude de Achour Talet et Abdellaoui (2019) fait état de concentrations en nitrates variant entre 1,03 mg/l et 47,38 mg/l, tandis que celle de Amor et Ben Messaoud (2023) mentionne des valeurs comprises entre 0,4 mg/l et 37,2 mg/l.

2.2.4 Nitrites

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (**Fig.33**) :

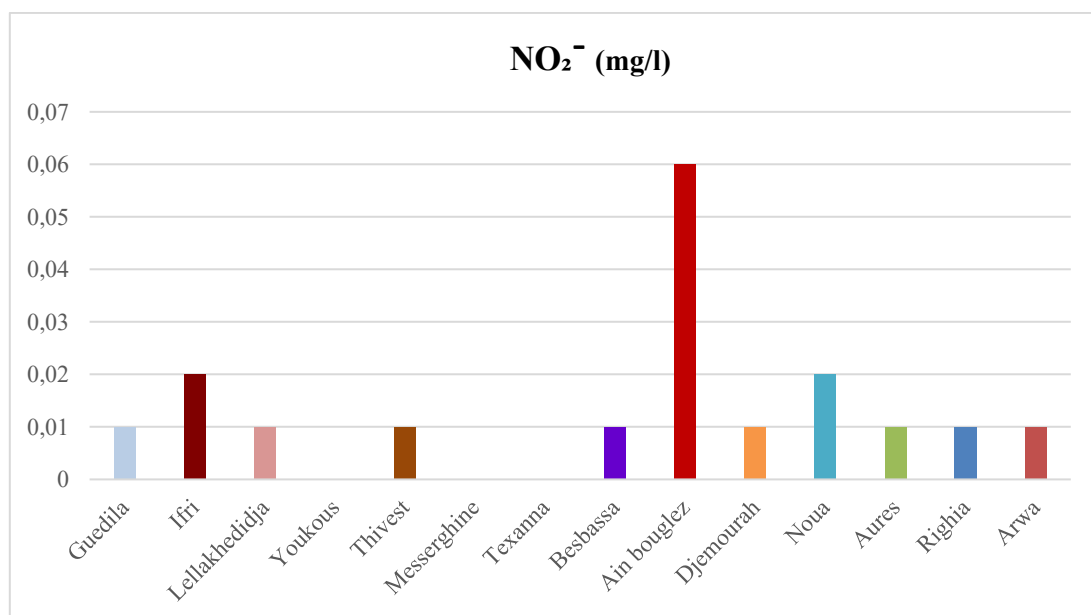


Figure 33 : Résultats de la teneur en nitrites (Hannachi, 2025)

À partir des résultats obtenus, il apparaît que :

- Pour les eaux minérales naturelles, les concentrations en nitrites varient de 0 mg/l (Youkous, Texanna et Messerghine) à moins de 0,02 mg/l (Ifri).
- Pour les eaux de source, elles s'échelonnent de 0,01 mg/l à 0,06 mg/l (Aïn Bouglez).

Ces teneurs restent largement inférieures à la valeur maximale autorisée de 0,1 mg/l fixée par la réglementation algérienne (JORA, 2015), ce qui confirme la conformité des deux types d'eau analysés (voir Annexe 2).

La présence de nitrites dans les eaux souterraines est généralement le signe d'une pollution récente par des matières azotées, issues d'eaux usées ou d'effluents agricoles. Toutefois, leur absence ou leur très faible concentration, comme observé dans cette étude, reflète une bonne qualité microbiologique de l'eau. Ce constat rejoint les conclusions de l'étude de Hazzab (2011), menée sur plusieurs sources en Algérie, où les concentrations en nitrites étaient également très faibles, ne dépassant pas 0,06 mg/l, indiquant une faible vulnérabilité à la pollution azotée récente.

2.2.5 Potassium

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Fig.34) :

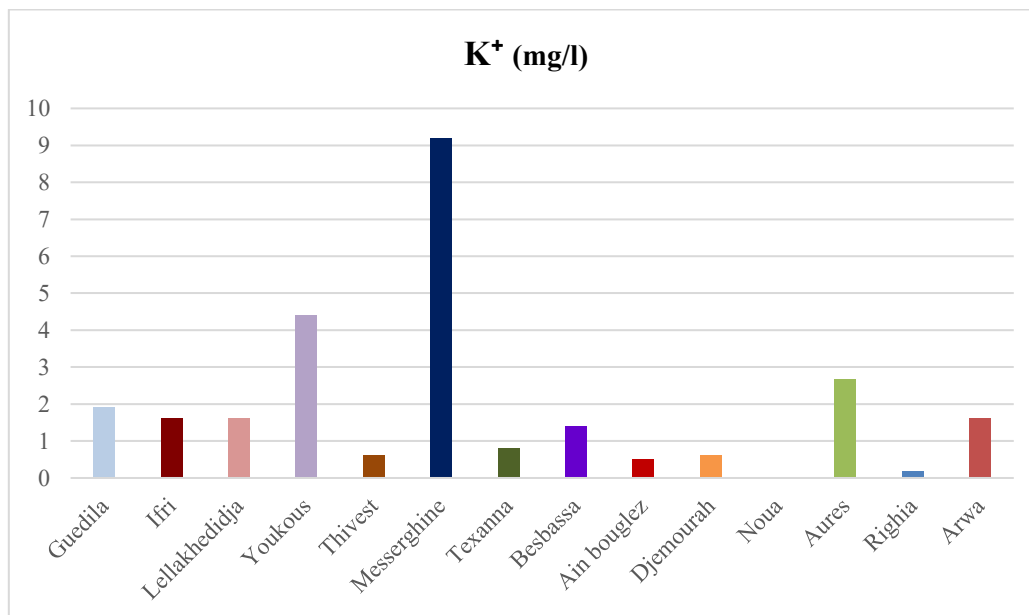


Figure 34 : Résultats de la teneur en potassium (Hannachi, 2025)

Le potassium, élément naturellement présent dans les roches magmatiques et les formations argileuses, affiche généralement des concentrations inférieures à 15 mg/l dans les eaux

souterraines non soumises à une pollution d'origine anthropique (Boudoukha et Boumaza, 2018).

D'après nos analyses :

- Pour les eaux minérales naturelles présentent des teneurs en potassium allant de 0,6 mg/l (Thevest) à 9,2 mg/l (Messerghine).
- Pour les eaux de source montrent des concentrations comprises entre 0 mg/l (Noua) et 2,66 mg/l (Aurès).

L'ensemble de ces valeurs est largement inférieur à la limite maximale autorisée en potassium (20 mg/l), fixée par la réglementation algérienne (JORA, 2015), ce qui atteste de la conformité des échantillons analysés (voir Annexe 2).

Ces résultats sont en accord avec ceux rapportés dans d'autres études nationales. Ainsi, Achour Talet et Abdellaoui (2019) ont relevé des teneurs variant, entre 0,18 mg/l et 5,52 mg/l, tandis qu'Amor et Ben Messaoud (2023) ont observé des concentrations comprises entre 0,5 mg/l et 10 mg/l. Ces données confirment la cohérence de nos observations et la qualité globale des eaux analysées en ce qui concerne ce paramètre.

2.2.6 Sodium

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Fig.35) :

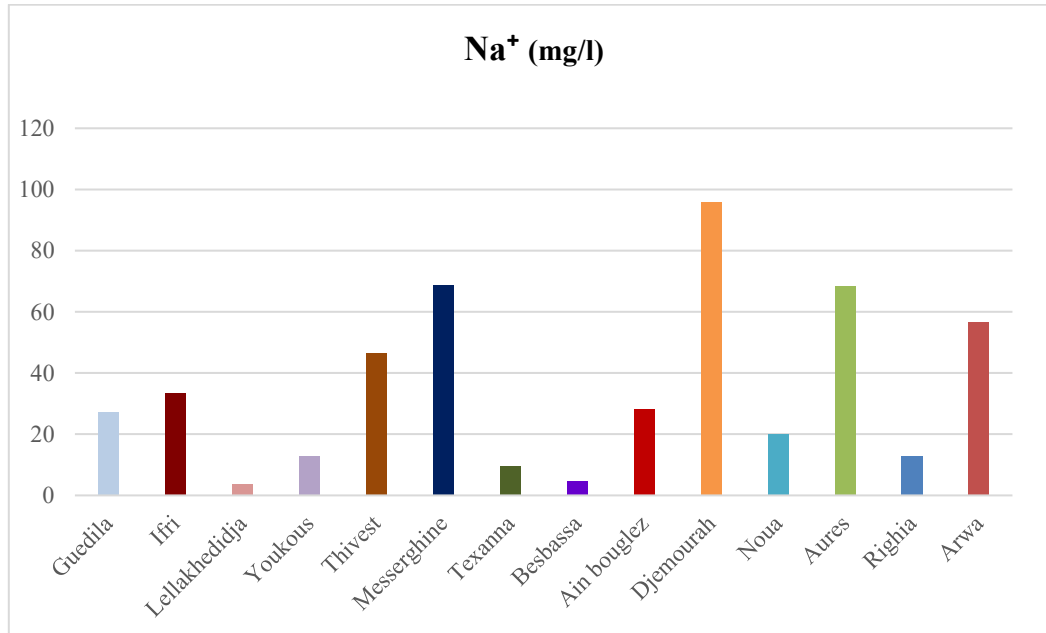


Figure 35 : Résultats de teneur en sodium (Hannachi, 2025)

Les résultats obtenus pour le sodium montrent que :

- Pour les eaux minérales naturelles, les concentrations varient de 3,7 mg/l (Lella Khedidja) à 68,6 mg/l (Messerghine).
- Pour les eaux de source, les concentrations s'étendent de 4,7 mg/l (Besbassa) à 96 mg/l (Djemourah).

Toutes ces valeurs demeurent bien en deçà de la limite maximale autorisée de 200 mg/l fixée par la réglementation algérienne en vigueur (JORA, 2015), ce qui confirme la conformité des échantillons analysés (voir Annexe 2).

Nos résultats présentent une bonne concordance avec les concentrations en sodium couramment rapportées dans la littérature. Ils correspondent notamment aux valeurs modérées (2,71-152,1 mg/l) mesurées par Talet et Abdellaoui (2019), ainsi qu'aux teneurs les plus faibles (5,5 mg/l) observées par Amor et Ben Messaoud (2023) à Lalla Khedidja. En revanche, ils diffèrent nettement des concentrations exceptionnellement élevées (atteignant 680 mg/l à Benharoun) documentées dans cette même étude.

2.2.7 Potentiel hydrogène (pH)

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Fig.36) :

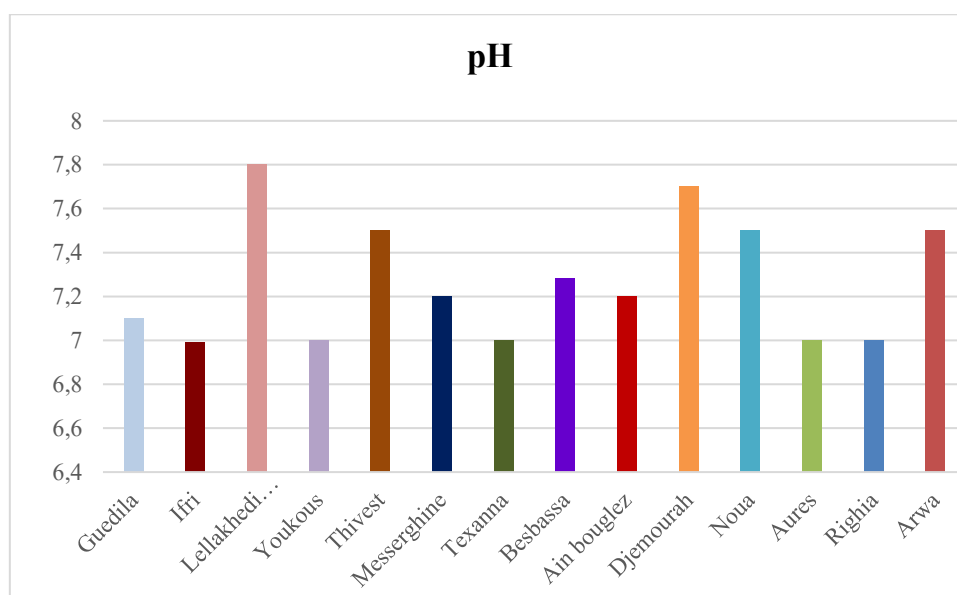


Figure 36 : Résultats de l'analyse du pH (Hannachi, 2025)

Les résultats obtenus révèlent une moyenne de pH de 7,22 pour les eaux minérales naturelles et de 7,31 pour les eaux de source.

- Pour les eaux minérales naturelles, le pH varie entre 6,99 (Ifri) et 7,8 (Lella Khedidja).
- Pour les eaux de source, il oscille entre 7,0 (Aurès et Righia) et 7,7 (Djemourah).

Dans l'ensemble, les valeurs mesurées pour les deux types d'eaux conditionnées s'inscrivent dans la plage réglementaire fixée par le JORA 2006, soit entre 6,5 et 8,5 (voir Annexe 1). Nos résultats sont corroborés par ceux de l'étude d'Amor et Ben Messaoud (2023), qui rapportent des valeurs de pH comprises entre 6,7 (Benharoun) et 7,8 (Nestlé). De même, les travaux de Talet et Abdellaoui (2019) présentent un intervalle de pH allant de 6,42 à 8,33, ce qui confirme la cohérence de nos données avec la littérature nationale.

2.2.8 Conductivité électrique

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (Fig.37) :

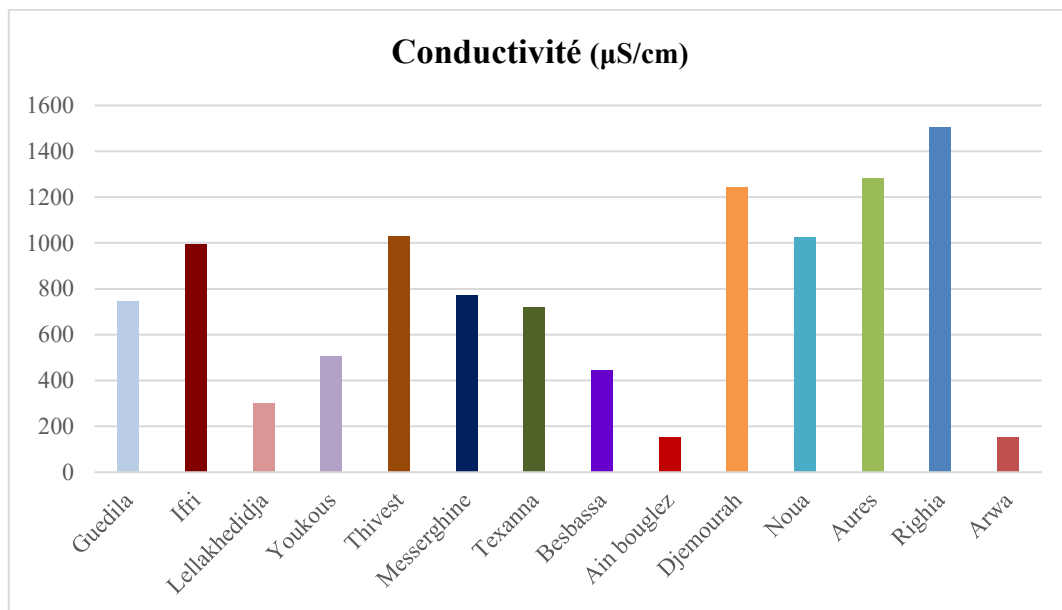


Figure 37 : Résultats de l'analyse de la conductivité (Hannachi, 2025)

La conductivité électrique de l'eau, qui reflète sa teneur en ions dissous et sa capacité à conduire un courant électrique, dépend de la nature, de la concentration et de la mobilité des ions, ainsi que de la température.

- Pour les eaux minérales naturelles, les valeurs varient de 302 µS/cm (Lella Khedidja) à 1031 µS/cm (Thevest).
- Pour les eaux de source, elles s'étendent de 152 µS/cm (Aïn Bouglez) à 1506 µS/cm (Righia).

Toutes les mesures sont largement inférieures à la limite réglementaire fixée à 2800 µS/cm à 20 °C, selon le JORA 2006 (voir Annexe 1), ce qui atteste de la conformité des échantillons analysés aux normes algériennes en vigueur.

2.2.9 Titre Alcalimétrique Complet (TAC)

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (**Fig.38**) :

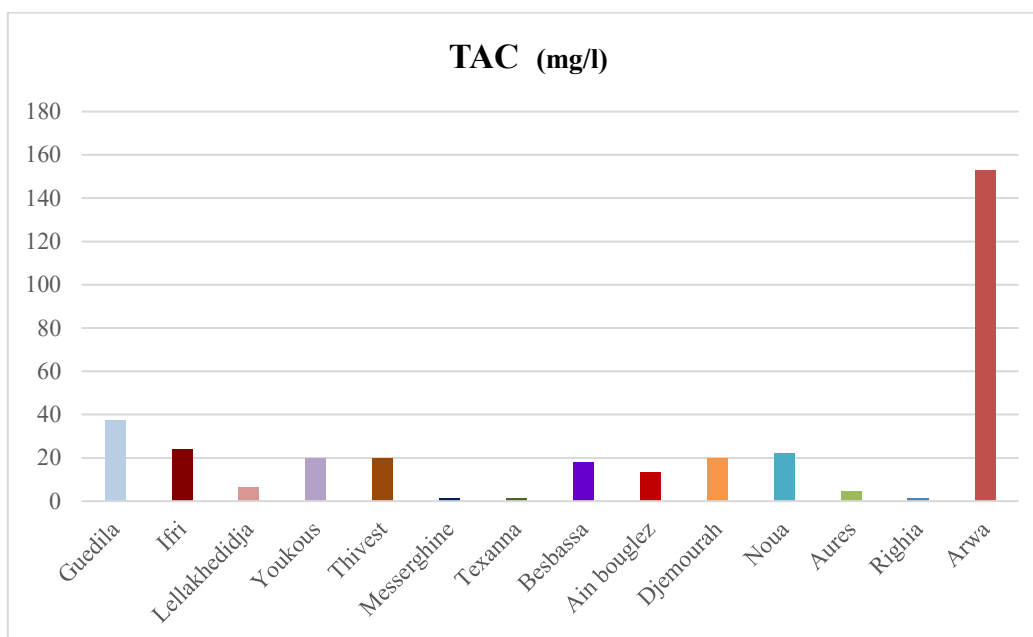


Figure 38 : Résultats de l'analyse du TAC (Hannachi, 2025)

Le Titre Alcalimétrique Complet (TAC) correspond à la concentration en carbonates et bicarbonates dissous dans l'eau, qui évalue le pouvoir tampon de celle-ci.

Selon les résultats obtenus :

Pour les eaux minérales naturelles, les valeurs du TAC sont comprises entre 1,3 mg/l (Messerghine et Texanna) et 37,35 mg/l (Guedila).

Pour les eaux de source, les valeurs du TAC varient de 1,1 mg/l (Righia) à 153 mg/l (Arwa).

Pour ce paramètre, il convient de noter qu'aucune valeur limite réglementaire n'est spécifiée, dans les textes en vigueur du JORA, ce qui exclut toute exigence normative obligatoire à ce sujet.

2.2.10 Titre hydrotimétrique

Les résultats de l'étude sont représentés graphiquement par l'histogramme suivant (**Fig.39**) :

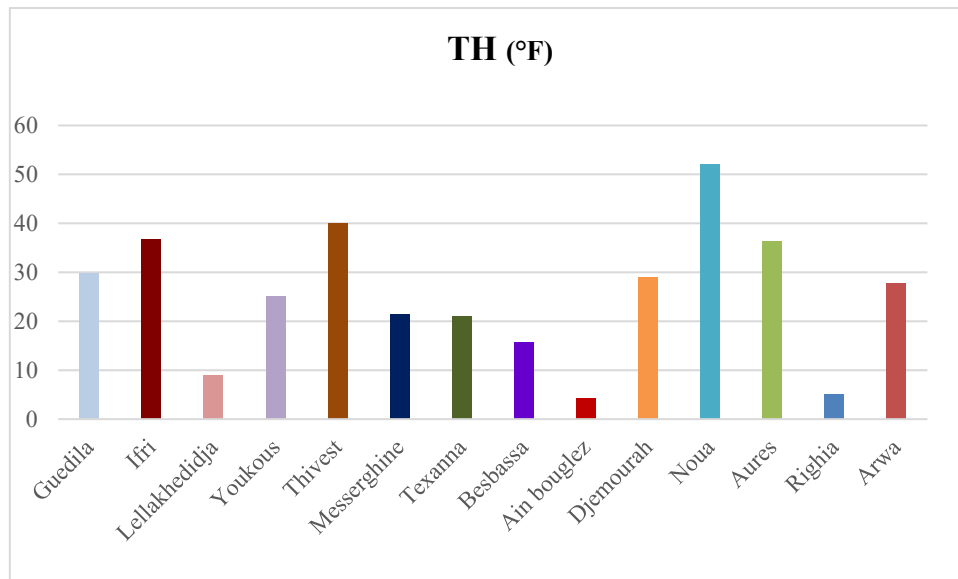


Figure 39 : Résultats de l'analyse du TH
(Hannachi, 2025)

L'analyse du titre hydrotimétrique (TH), qui mesure la dureté de l'eau liée principalement aux ions calcium et magnésium, révèle des valeurs caractéristiques :

- Pour les eaux minérales naturelles, les valeurs de TH s'échelonnent entre 8,9 °F (Lella Khedidja) et 36,80 °F (Ifri), indiquant une dureté faible à modérée.
- Pour les eaux de source, les mesures montrent une gamme similaire mais légèrement plus étendue, avec des valeurs comprises entre 4,3 °F (source Aïn Bouglez) et 36,3 °F (source Aurès).

Selon le JORA (2006), l'ensemble de ces résultats se situe très en dessous du seuil maximal, établi par la réglementation algérienne et compris entre 100 et 500 mg/l de CaCO₃ (où 1°F = 10 mg/l de CaCO₃). (Annexe 1)

2.2.11 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 (CO₃²⁻), conformément à la législation en vigueur.

2.3 Classification des eaux analysées

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 composition ionique, en fonction des teneurs en cations (Na^+ , K^+) et des teneurs en anions (chlorures, sulfates, ...) (Afssa, 2008)
- Sur la base du titre hydrotimétrique (TH, ou dureté) (Rodier, 2009)

2.3.1 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 inférieurs à 200 mg/l .

➤ L'eau sulfatée ($\text{SO}_4^{2-} > 200 \text{ mg/l}$)

Les résultats des analyses, nous ont permis d'identifier deux marques d'eaux sulfatées, car leurs concentrations en sulfates dépassent le seuil recommandé de 20 mg/l. Il s'agit de l'eau de la marque Djemorah (221,6 mg/l) et l'eau de la marque Aurès (346 mg/l).

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

Aucune des quatorze marques ne présente cette caractéristique, du fait de leurs teneurs en sodium inférieurs à 200 mg/l

➤ L'eau faiblement sodique ($\text{Na}^+ < 20 \text{ mg/l}$)

Les résultats des analyses ont démontré que 05 marques de l'ensemble étudiée présentent cette caractéristique. Il s'agit des eaux des marques :

- Des eaux minérales naturelles : Youkous (7,3 mg/l) et Thevest (13 mg/l)
- Des eaux de sources : Besbassa (9,5 mg/l), Ain Bouglez (4,7 mg/l) et Arwa (12,7 mg/l).

2.3.2 Classification selon le titre hydrotimétrique (TH) ou dureté

Sur la base de ce critère, les résultats nous ont permis de répartir les quatorze marques d'eaux en les classes suivantes :

Classes	Critères (Rodier, 2009)	Marques d'eaux analysées
	TH (dureté) (°f)	
Eau très douce	0 à 6	Ain Bouglez, Righia
Eau douce	6 à 15	Lella Khedidja
Eau moyennement dure	15 à 30	Guedila, Youkous, Messerghine, Texanna, Besbassa, Djemorah, et Arwa
Eau dure	30 et plus	Ifri, Thevest, Noua et Aurès

Conclusion

Conclusion

L'eau, composant crucial pour l'être humain, est une denrée alimentaire consommée pour répondre à ses besoins nutritionnels. Quelle que soit son origine, eau de distribution ou eau conditionnée, elle doit subir un contrôle de qualité minutieux, pour être conforme aux spécifications des normes édictées par tous les gouvernements, seule garantie de sa potabilité. En Algérie, l'exploitation, le conditionnement et la commercialisation des eaux en bouteilles, qu'elles soient des eaux minérales naturelles ou des eaux de source, sont à l'origine de l'approvisionnement en eau potable, pour une population en constante croissance et de l'essor de ce commerce sur le marché national, où les propriétaires de plusieurs marques vantent leurs caractéristiques nutritionnelles et même leurs vertus thérapeutiques, qui demeurent, toutefois, à être confirmés.

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

Le modeste travail accompli, s'est axé sur la détermination de la qualité physicochimique des marques d'eaux embouteillées sélectionnées. Il nous a permis, sur la base des résultats obtenus, de tirer les conclusions suivantes :

❖ Les 2 types d'eau souterraine étudiés, eau minérale naturelle et eau de source, ont une composition physicochimique assez stable, depuis leurs points d'émergence, où ces eaux sont conditionnées dans des bouteilles PET, jusqu'au commerce, où elles sont vendues, passant par les conditions de transport et de stockage. Aucune altération dans la composition physicochimique n'a été observée, étant donné que nos résultats, même présentant de faibles variations, sont, approximativement, identiques aux valeurs mentionnées sur l'étiquetage de la bouteille de chaque eau analysée.

La composition physicochimique de l'eau est déterminée, notamment par sa composition minérale, qui représente la quantité de sels minéraux dissous, exprimés en milligrammes par litre d'eau. et dont dépend sa qualité nutritionnelle.

Contrairement aux eaux de source, cette minéralisation doit être, absolument, stable dans le temps, pour les eaux minérales naturelles. Cependant et quel que soit le mode de leur exploitation, toutes les eaux souterraines présentent des fluctuations, plus ou moins importantes, dans leurs compositions physicochimiques, dues soit à leur origine géologique, ou au mode d'exploitation du captage, surtout s'il s'agit de pompage.

Il s'avère, donc, nécessaire pour les exploitants de ces eaux d'analyser, souvent, leurs eaux et d'actualiser l'étiquetage, pour parer à d'éventuels incidents dangereux pour la santé humaine.

Les variations peuvent aller de quelques milligrammes par litres, à quelques dizaines et même, exceptionnellement, quelques centaines de milligrammes par litres. **(Boudenne et Sauvart-Rochat, 2008).**

Ces variations peuvent, également, être dues aux conditions analytiques, surtout, si les dosages des paramètres physicochimiques sont effectués dans des laboratoires différents, par du personnel et des appareils différents.

Ainsi, nos résultats ont démontré une bonne maîtrise de l'appareillage utilisé, une bonne précision et exactitude dans les manipulations, ce qui a prouvé la fidélité des résultats.

❖ Les quelques paramètres physicochimiques analysés répondent, tous, aux critères de qualité édictés dans les JORA de 2006 et de 2015, puisque les résultats obtenus, pour chaque paramètre analysé, sont inférieures aux valeurs maximales fixées par la réglementation, en vigueur. Ceci nous amène à conclure que les quatorze eaux étudiées sont conformes aux normes algériennes, spécifiques aux eaux minérales naturelles et aux de eaux de source.

❖ La classification sur la base de la composition ionique, nous a permis d'identifier deux (02) eaux sulfatées (Djemorah er Aurès) et cinq (05) eaux à faible teneur en sodium (Youkous, Thevest, Besbassa, Ain Bouglez et Arwa),

La consommation excessive et à long termes des eaux sulfatées peut provoquer de l'ingestion, avec des troubles gastro-intestinaux et altérer le gout de l'eau. Aucune donnée existante ne permet d'identifier un niveau de sulfates dans l'eau, qui est susceptible d'avoir des effets nocifs sur la santé humaine (OMS, 2017). Par contre, la consommation excessive et à long terme des eaux à faible teneur en sodium, peut provoquer une hyponatrémie, due au déficit du sodium dans le sang (confusion mentale, convulsions, coma, voire mort). (Lewis III, 2023)

❖ La classification selon la dureté (TH) nous a permis d'identifier deux (02) eaux de source d'El-Tarf, très douces (Ain Bouglez et Righia) et quatre (04) eaux très dures (Ifri, Thevest, Noua et Arwa)

La dureté de l'eau, qui est la somme des cations calcium et magnésium dissous dans l'eau, est déterminée par l'équivalent en teneur de bicarbonates de calcium dans l'eau. Bien que la dureté de l'eau n'ait pas d'incidence sur la santé humaine, cependant, la consommation excessive et à long terme d'eau très dure, peut être à l'origine de lithiase (formation de calculs rénaux, troubles du rythme cardiaque, troubles cérébraux et coma). (Lewis III, 2023)

Finalement, il est recommandé d'étendre cette étude aux paramètres chimiques que nous n'avons pas pu analyser (notamment, le résidu sec et les métaux lourds), ainsi qu'aux paramètres microbiologique, pour établir un profil complet de la qualité de ces eaux minérales naturelles et eaux de source.

Références bibliographiques

1. Achour Talet, N. et Abdellaoui, M. (2019). Évaluation de la qualité physico-chimique des eaux embouteillées commercialisées en Algérie. Mémoire de fin d'études-Diplôme de Docteur en Pharmacie. Département de Pharmacie, Université Abou Bekr Belkaïd,
2. Amor, B. et Ben Messaoud, C. (2023). Classification qualitative de quelques eaux minérales et eaux de sources embouteillées de l'Algérie (Projet de fin d'étude, Diplôme de Master, Filière : Sciences Agronomiques, Spécialité : Eau et Environnement). Université Ziane Achour de Djelfa, 73 pages.
3. Bara, Y. (2016). Etude comparative de la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau du barrage de Hammam Debagh, avant et après traitement : Cas de la station de traitement de Hammam Debagh –Guelma. Mémoire de Master. Université du 8 Mai 1945.
4. Boudenne, J.L. et Sauvart-Rochat, M.P. (2008). Lignes directrices de l'évaluation des eaux minérales naturelles au regard de la sécurité sanitaire. Rapport AFSSA, France.
5. Beaulieu, P. (2019). L'eau potable : Sa définition, ses origines, ses critères de potabilité et ses traitements. Le centre d'information sur l'eau
6. Bensaad, S. et Kettab, A. (2021). *Gestion des ressources en eau et enjeux de l'industrie des eaux embouteillées en Algérie*. Cahiers du CREAD, 37(1), 89-104.
7. Bliidi, A; (2023). Le produit connaît une valse des prix : Haro sur l'eau en bouteille. El Watan-dz.
8. Boudoukha, A. et Boumaza, B. (2018). "Hydrochimie des eaux souterraines de la région des Aurès (Algérie) : Origines naturelles et impacts anthropiques. Revue des Sciences de l'Eau, 31(2), 105
9. Cheret, S. (2017). Les grandes catégories d'usage de l'eau dans l'industrie. (l. g. C l'industrie, Éd.)
10. Cholat, B. (2015). L'eau du robinet est-elle différente du l'eau en bouteille ? Eaumelimelo.org. Graie pôle eau et territoires, France.
11. Debieche, T.H. (2002). Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la plaine de la Mitidja (Algérie). Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, Besançon, France.

12. Delarras, C. (2000). Microbiologie de l'environnement avec législation. Travaux pratiques commentés. Edition Gaétan marin, Paris.
13. Djouadi, A., & Cheloufi, H. (2020). *Qualité et gestion des eaux minérales en Algérie*. Revue des Sciences de l'Eau, 33(2), 145-160.
14. Duguet, J.P. et Astee (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. 1 ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'environnement). France.
15. Euzen, A. et Levi, Y. (2013). Tout savoir sur l'eau du robinet. CNRS Editions. France.
16. EPA (2023). National Primary Drinking Water Regulations. U.S. environment al protection agency.
17. European Parliament (2009). Directive 2009/54/EC on the exploitation and marketing of natural mineral waters. Official Journal of the European Union.
18. FAO (2004). Chapitre trois : Utilisation de l'eau en agriculture. L'eau, l'agriculture et l'alimentation : Contribution au rapport mondial de mise en valeur des ressources en eau. <https://www.fao.org/4/y4683f/y4683f00.htm#Contents>
19. FAO (2023). L'état des ressources en terres et en eau pour l'alimentation et l'agriculture, dans la région du Proche Orient et de l'Afrique du Nord. Rapport de synthèse, p.14.
20. Farch, S. (2017). Incidence des eaux embouteillées sur la dissolution de l'hydroxyapatite dentaire. Influence de différents paramètres. Thèse de doctorat. Université Djilali Liabes, Faculté des sciences exactes. Sidi Bel Abbas
21. Frantzy, O. (2017). étude de la qualité de l'eau destinée a la consommation humaine dans le sous-bassin versant de ravine diable (Anse-a-Veau). Mémoire de master. Université de Liège. Belgique.
22. Ghodbane, M. (2018). Estimation des potentialités des eaux souterraines et estimation de la pollution par les nitrates : Cas de la région de Chemora-Est algérien (Thèse de doctorat). Université de Batna 2. 163 p.
23. Graindorge, J. et Landot,, E. (2003). La qualité de l'eau potable, technique et responsabilités. Collection Dossiers d'experts. Editons Lttorial. Paris, p167.
24. Habets, F., Ducrocq, V. et Noilhan, J. (2005). prévisions hydrologiques et échelles spatiales : l'exemple des modèles opérationnels de météo-france. 337.
25. Hazzab, A. (2011). Eaux minérales naturelles et eaux de sources en Algérie. Comptes rendus. Géoscience, 343(1), 20-31.

26. IANOR (2019). Norme algérienne NA 10914: Eaux destinées à la consommation humaine. Institut algérien de normalisation.
27. IBWA (2021). Bottled water code of practice. International Bottled Water Association.
28. IFPEN (2025). Gestion du cycle de l'eau et changement climatique. IFP énergies nouvelles. <https://www.ifpennergiesnouvelles.fr/enjeux-et-prospective/decryptages/climat-environnement-et-economie-circulaire/gestion-du-cycle-leau-et-changement-climatique>
29. JORA (2004). Décret exécutif n° 04-196 du 27 Jomada 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.
30. Kaci, M. et Abtroun, A. (2013). Filière boissons en Algérie 2012. PMEII-Alger.
31. Lefevre, T. (2013). la répartition de l'eau sur la terre. Récupéré sur Planète viable. Planète viable. <https://planeteviable.org/repartition-eau-sur-terre/>
32. Lewis III, J.L. (2023). Hyponatrémie (Faible taux de sodium dans le sang). Le manuel MSD, version pour le grand public.
33. Makhoukh M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles del'oued Moulouya. Maroc
34. Ministère de la Santé, Algérie. (2018). Règlementation relative aux eaux conditionnées. Journal Officiel de la République Algérienne.
35. OIEau (2017). La part d'eau douce sur terre. Développer les compétences pour mieux gérer l'eau. Office international de l'eau. France.
36. OMS, (2006), Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerland
37. OMS (2017). Directives de qualité pour l'eau de boisson : Quatrième édition incluant le premier additif. Organisation mondiale de la Santé, Genève.
38. OMS (2022). Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda.
39. ONO (2023). l'importance de l'eau dans les systèmes naturels et socio-économique . Organisation des Nations Unis.
40. Rejsek, F. (2002). Analyses des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Edition Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. ISBN 2-86617- 420-8.

41. Rodier, J., Legube, B., Merlet, N. et coll. (2009). L'analyse de l'eau. 9^e édition entièrement mise à jour. Edition Dunod, Paris-France
42. Samia, D. (2021). Eau en bouteille : Une option qui s'impose. El Moudjahid Société.
43. UE (2020) : Directive (UE) 2020/2184 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
44. UNU-INWEH. (2023). Eau en bouteille : Un rapport accablant des Nations Unies. Magazine Formes. United Nations University-Institute for Water, Environment and Health.
45. WHO. (2017). Guidelines for drinking-water quality. Fourth edition incorporating the first and second addenda. World Health Organization.
46. Zella, L., Barouche, A. et Amirouche, M. (2024). L'eau minérale embouteillée en Algérie : quelles perspectives. Revue nature et technologie, p.2.

Annexes

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 :**

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
Mercuré	0,001 mg/l
Nickel	0,02 mg/l
Nitrates	50 mg/l, exprimé en NO ₃
Nitrites	0,02 mg/l en tant que nitrite

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

Annexe 1 (suite)

ANNEXE II		
CARACTERISTIQUES DE QUALITE DES EAUX DE SOURCE		
CARACTERISTIQUES	UNITE	CONCENTRATIONS
1. - Caractéristiques organoleptiques :		
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
2. - Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau		
PH	Unité PH	6,5 à 8,5
Conductivité (à 20° C)	µs/ cm	au maximum 2.800
Dureté	Mg/l de Ca CO ₃	100 à 500
Chlorures	Mg/l (Cl)	200 à 500
Sulfates	Mg/l (SO ₄)	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
Résidu secs après dessiccation à 180° C	mg/l	1.500 à 2.000
3. - Caractéristiques concernant les substances indésirables		
Nitrates	Mg/l de NO ₃	au maximum 50
Nitrites	Mg/l de NO ₂	au maximum 0,1
Ammonium	Mg/l de NH ₄	au maximum 0,5
Azote Kjeldahl	Mg/l en N ⁽¹⁾	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)..... ;
- (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

1- Caractéristiques organoleptiques :

— (sans changement)..... ;

2- Caractéristiques physico-chimiques liées à la structure naturelle de l'eau :

— (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

3- Caractéristiques concernant les substances indésirables

Nitrates	mg/l de NO3	maximum 50
Nitrites	mg/l de NO2	maximum 0,1
Ammonium	mg/l de NH4	maximum 0,5
Fluor	mg/l de F	maximum 2